This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

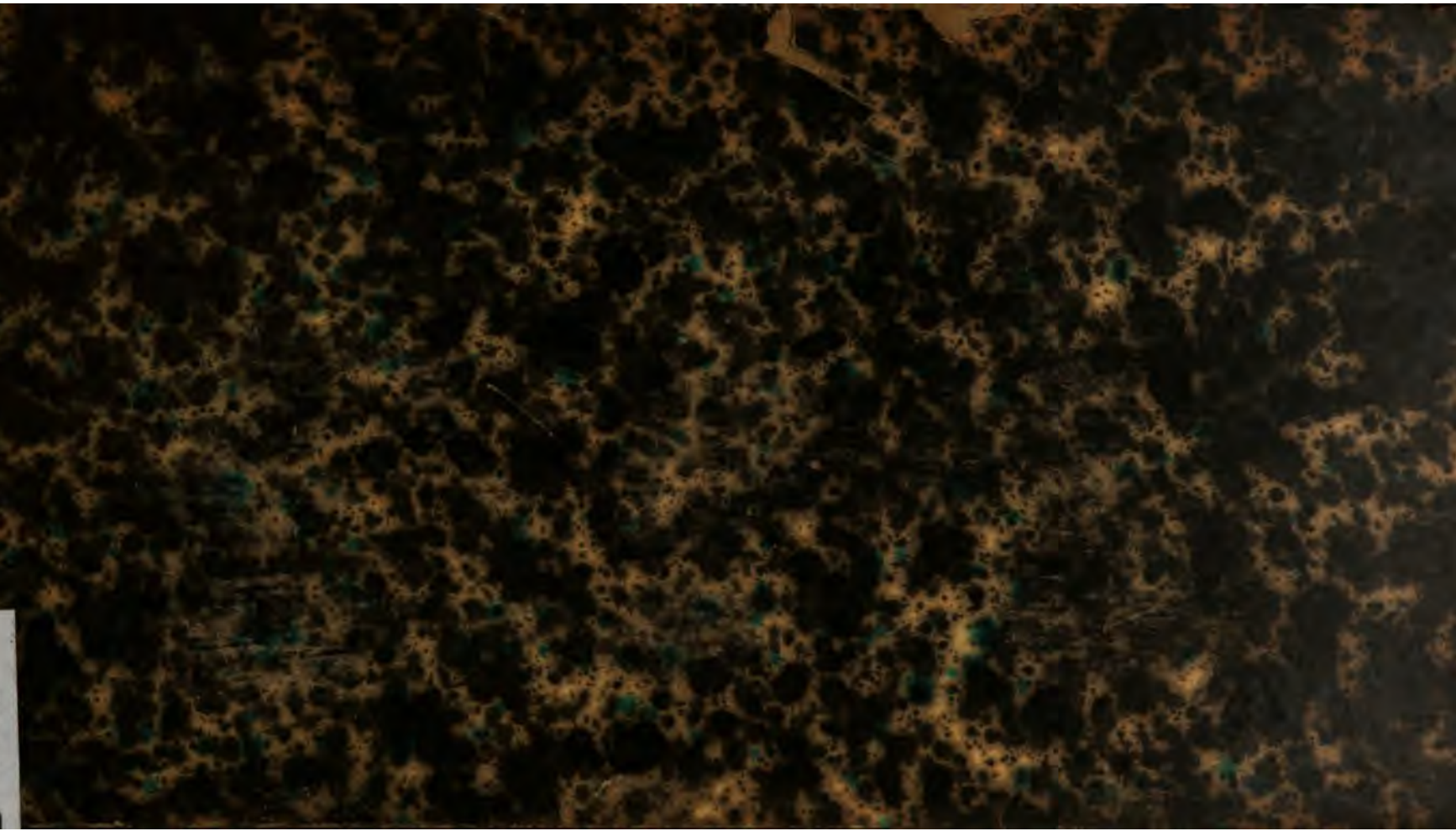
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`



ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
.S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1880

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1880

PARIS

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1880

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

1880

Membres du Bureau.

Président :

MM. GOTTSCHALK, ✠ ✠ ✠ ✠ O. ✠, cité Rougemont, 10.

Vice-Présidents :

MM. MATHIEU (Henri), O. ✠, rue Las-Cases, 26.
MARTIN (Louis), ✠, boulevard Beaumarchais, 54.
BRÜLL (Achille), rue Saint-Lazare, 6.
MARCHÉ (Ernest), ✠ C. ✠, rue Blanche, 53

Secrétaires :

MM. REY (Louis), ✠, rue d'Auteuil, 52.
REGNARD (Paul), ✠, rue Béranger, 6.
ARMENGAUD jeune (Jules), boulevard de Strasbourg, 23.
VALLOT (Henri), place des Perchamps, 2.

Trésorier :

M. LOUSTAU (G.), ✠ ✠ ✠ ✠, rue des Béguines, 4, à Crépy en Valois (Oise).

Membres du Comité.

MM. CLÉMANDOT (Louis), ✠, rue Brochant, 18.
DEGOUSÉE, ✠, rue de Chabrol, 35.
DE COMBEROUSSE (Charles), ✠, rue Blanche, 45.
DEMIMUID (René), ✠, boulevard Saint-Michel, 9.
MALLET (Anatole), rue de La Rochefoucauld, 30.
PÉRISSÉ (Sylvain), rue Boursault, 59.
MAYER (Ernest), O. ✠, rue Moncey, 9.
FORQUENOT (Victor), O. ✠, boulevard Saint-Michel, 24.

163361

MM. Courras (Philippe), ✱, boulevard des Batignolles, 58.
Vée (Léonce), rue de Rome, 61.
Arson (Alexandre), ✱, rue de Bourgogne, 40.
Morandiere (Jules), rue Notre-Dame des Champs, 27.
Ermel (Frédéric), ✱ ✻ ✻, cité des Fleurs, 54.
Chobbzynski (Jean-Pierre-Ch.), ✱ ✱, boulevard Magenta, 137.
Flachat (Ivan), rue de Grenelle-Saint-Germain, 102.
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
Eiffel (Gustave), ✱ C. ✠ ✱, rue Fouquet, 52, à Levallois-Perret (Seine).
Desgrange, ✱ C. ✠ ✻ ✱, boulevard Haussmann, 135.
Cotard (Charles), ✱ ✱ ✻ C. ✻, rue de Grammont, 17.
Barrault (Émile), boulevard Saint-Martin, 17.

Anciens Présidents.

MM. Farcot (Joseph), O. ✱, à Saint-Ouen (Seine).
Jordan (Samson), O. ✱, boulevard Malesherbes, 122.
Lavalley, O. ✱ ✠, rue Murillo, 18.
Love (Georges), ✱, avenue de Villiers, 69.
Molinos (Léon), ✱, rue de Châteaudun, 2.
Mony (Stéphane), O. ✱, à Commentry (Allier).
Muller (Émile), O. ✱, rue des Martyrs, 19.
Richard (Jean-Louis), ✱, rue Washington, 34.
Salvetat (Alphonse), ✱ ✻ ✱ (Manufacture nationale), à Sèvres.
Yvon-Villarceau, ✱ ✱ ✠, avenue de l'Observatoire, 48.

Présidents honoraires.

MM. Tresca (Henri), O. ✱ ✠ ✻ ✱, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.
Vuillemin (Louis), ✱ O. ✱ ✠ ✻, rue de Vigny, 1.

Membres honoraires.

MM. Dumas, G. C. ✱, membre de l'Institut, rue Saint-Dominique, 3.
Engerth (Guillaume) (le baron), C. ✱ ✻ ✠ ✱, conseiller aulique, sénateur, Directeur général adjoint de la Société autrichienne impériale et royale des chemins de fer de l'État, à Vienne (Autriche).
Hawkshaw (sir John) (le chevalier), 33, Great-George-Street-Westminster, Londres (Angleterre).
Reymond Rossiter, W. C. R. Esq., President of the American Institute of Mining Engineers, 27, Park place (New-York).

MM. Robinson (John), Esq., Atlas Works Manchester (Angleterre).
Sella Quintius (le commandeur), ingénieur en chef au corps des mines, député au Parlement, à Rome (Italie).
Schmidt (F.), Conseiller supérieur et Professeur de constructions, Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne (Autriche).

Membres sociétaires.

A

MM. Abadie (Paul-Marie-Joseph-Alain), secrétaire général de la Compagnie des travaux publics, rue de Provence, 56.
Abernethy (James), 4, Delahay street, à Westminster S. W. (Londres).
Aboilard (François-Auguste-Théodore), à Corbeil (Seine-et-Oise).
Achard (François-Ferdinand), rue de Provence, 60.
Adcock (François-Louis), Ookiep-Mines Namaqualand Cape Colony (voie anglaise).
Adhémar (Léon-Philippe), ingénieur à la Société de Commentry et Fourchambault, rue Lavoisier, 22.
Agudio (Thomas), ✱, rue de l'Arsenal, 17, à Turin (Italie).
Aivas (Michel), O. ✱ ✱, rue des Trois-Frères, 21, à Villemomble (Seine).
Albaret (Auguste), O. ✱, constructeur de machines agricoles, à Liancourt (Oise).
Albaret (Eugène), rue Legendre, 43 (Batignolles).
Albaret (Henri-Eugène), place de l'Hôtel de Ville, 8, à Chambéry (Savoie).
Alby (Joseph), ✱, chef de division de l'entretien du chemin de fer de la Haute-Italie, à Turin (Italie).
Allaire (Octave), chimiste, rue Gide, 64, à Levallois-Perret (Seine).
Allart (Achille), rue de la Pompe, 3.
Alquié (Auguste-François), ✱, rue de Maubeuge, 81.
Alvim (Arthur), sous-ingénieur délégué du Gouvernement du Brésil, à Rio-de-Janeiro (Brésil) et rue Taitbout, 37.
Alziari de Malaussène (François), rue Garnieri, 10, à Nice (Alpes-Maritimes).
Ameline (Auguste-Eugène), rue Truffaut, 52, à Batignolles.
Anceau (Georges-Louis), rue Saussure, 73.
Andelle (Jules-Georges), sous-directeur des verreries, à Épinac (Saône-et-Loire).
André (Gaspard-Louis), boulevard Port-Royal, 91.

MM ANDRÉ (Charles-Henri), rue du Manège, 10, à Nancy (Meurthe).
ANDRÉ (Charles-Émile), arbitre près le Tribunal de commerce, 156, boulevard Magenta.
ANDRY, ✱, à Boussu, près Mons (Belgique).
ANGER (Charles-Henri), rue des Poissonniers, 78.
ANSALONI-AMILCAR (Jean-Antoine), ingénieur des travaux de l'État, rue Saint-Désiré, 29, à Lons le Saulnier (Jura).
ANSART (Ernest), directeur des raffineries de pétrole de l'Espagne, bo.. ..vard Richard-Lenoir, 3.
.. (Charles-Gustave), ✱, constructeur de matériel pour la ferrosserie, rue Fouquet, 38, à Levallois-Perret.
..ERT (Léon), ✱, produits vitrifiés, rue Boursault, 1.
..N (D') (Thomas), directeur des forges de Moyeuvre (Alsace-Lorraine).
ARANA (de) (Manuel), 326, Geay Street, à San-Francisco (Californie).
ARBEL (Lucien), ✱, maître de forges, à Rive de Gier (Loire), et 125, boulevard Saint-Germain.
ARBULU (de) (José-Maria), à Saint-Sébastien (Espagne).
ARCANGUES (D') (Paul-Eugène), ✱, rue de Dunkerque, 18.
ARMENGAUD aîné (Jacques-Eugène), ✱, rue Saint-Sébastien, 45.
ARMENGAUD aîné fils, (Charles-Eugène), rue Saint-Sébastien, 45.
ARMENGAUD (Charles), ✱, rue de Clichy, 52.
ARMENGAUD jeune (Jules-Alexis), boulevard de Strasbourg, 23.
ARNODIN (Ferdinand-Joseph), inspecteur de la Société générale des ponts à péages, à Châteauneuf-sur-Loire (Loiret).
ARNOLDI (Jules), avenue de Clichy, 176.
ARNOULT (Pierre-Marie-Gustave), au chemin de fer d'Anvin à Calais, à Saint-Omer (Pas-de-Calais).
ARSAC (Marie-Joseph), aux Aciéries et Forges de Firminy (Loire).
ARSON (Alexandre), ✱, rue de Bourgogne, 40.
ARTUS (Jules), boulevard Beaumarchais, 20.
ARTUS (Charles-Alfred), boulevard Beaumarchais, 20.
ASSELIN (Eugène), chimiste, rue des Poissonniers, 17, à Saint-Denis.
ATKINS (Francis-Henri), 62, Fleet street Londres (Angleterre).
AUDEBERT (Jean-Henri), au Creuzot (Saône-et-Loire).
AUDEMAR (Henri), à Dôle (Jura).
AUDENET (Camille), rue de Londres, 11.
AUDERUT (Francisque-Henri), ingénieur, représentant des forges et aciéries de Saint-Chamond (Loire), 2, via del Gesu e Maria, à Rome (Italie).
AVISSE (Edmond-Désiré), rue François Ier, 60.
AVRIL (Louis), rue Cour-Sarlon, 21, à Bourges (Cher).
AYGALENQ (Louis), rue Daval, 3.
AYLMER (John), rue de Naples, 4.

B

MM. Bachelu (Louis), à Lyon (Rhône).
Badois (Edmond), rue Blanche, 12.
Baillet (Gustave), rue de Villiers, 22, aux Ternes.
Bailly (Philimond-Lambert), rue de la Victoire, 60.
Bancilhon (Émile), ingénieur aux mines de soufre de Riesi, Sicile (Italie).
Banderali, O. ✠, rue La Bruyère, 7.
Bandholtz (Frédéric), chef de section au chemin de fer [illegible], allées La Fayette, 22, à Toulouse (Haute-Garonne).
Bara, rue de Magenta, 17, à Pantin.
Barbaroux (Marie-Ferdinand-Auguste), rue Montro[illegible], 5, à Neuilly.
Barbe (Paul), maître de forges, rue Condorcet, 12.
Barbier (Ernest), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 9.
Barbier (Henry), directeur des laminoirs de Biache-Saint-Vaast, par Vitry en Artois (Pas-de-Calais).
Baril (Ernest-Jules-Edouard), faubourg Saint-Martin, 160.
Baritault (de) (Achille-Pierre), Vico Florentini, 1, Naples (Italie).
Barlow William, 2, old Palace Yard Westminster S. W. (Londres).
Barnoya (Luis), ingénieur de la traction de Ferro-Carriles de Zaragoza à Pamplona, estacion de los caminos de hierro del norte, à Saragosse (Espagne).
Barrault (Émile), ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention, boulevard Saint-Martin, 17.
Barré (Frédéric-Henri), chef de section, service de la voie du chemin de fer du Nord, pavillon de Boulogne, gare d'Amiens (Somme).
Barre (Charles), quai d'Orléans, 14.
Barre (Raoul-Eugène), à la Monnaie, quai de Conti, 11.
Barros Barreto (de) (Manuel), ingénieur en chef du contrôle du chemin de fer de Récife à San-Francisco, à Pernambuco (Brésil).
Barroux (Léon), ✠, rue des Feuillantines, 11.
Barthélémy (Charles-Eugène), G. O. ✠, C. ✠ ✠ ✠, calle del Fomento, 9, triplicado, à Madrid (Espagne).
Bartissol (Edmond), C. ✠, directeur du chemin de fer de la Beira Alta, Plaça do Loreto, 1, à Lisbonne (Portugal).
Basiliades (Constantin), constructeur, au Pirée (Grèce).
Basset (André-Louis), avenue des Gobelins, 297.
Battaille Straatman (Jean), ✠ ✠ ✠, quai Moika, 93, à Saint-Pétersbourg (Russie).
Battaille (Charles-Ernest), rue de Vienne, 21.

MM. Battarel (Pierre-Ernest), rue de Cambrai, 3, à la Villette.

Baudet (Louis-Constant-Émile), rue du Rocher, 64.

Baudson (Désiré-Auguste-Émile), chef de section au chemin de fer du Nord, à Béthisy-Saint-Pierre (Oise).

Baumal (Henri), ✱, place des Batignolles, 4.

Bauquel (François-Auguste), à Cirey (Meurthe).

Bayvet (Gustave), boulevard Haussmann, 82.

Bazaine (Achille-Georges), ingénieur auxiliaire des travaux de l'État, rue des Sablons, 60.

Bazin (Auguste), directeur des établissements hydrauliques de Bellegarde (Ain).

Beau (Paul-Prudent), à Reichshoffen (Alsace).

Beau (Henri-Antoine), rue Saint-Denis, 226.

Beaucerf, ✱, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

Beaulieu (Edouard), ✱ chef de division de l'administration provinciale de Liége, quai Marcelles, à Liége (Belgique).

Beaumetz-Dujardin (François), rue de Londres, 13.

Beaupré (Eugène), directeur des filatures de Frévent (Pas-de-Calais).

Béliard (Georges-Alfred), directeur de l'atelier de M. Decauville, à Petit-Bourg, par Évry (Seine-et-Oise).

Belin (Pierre-Ernest), rue Lemercier, 23, à Batignolles.

Belin (Auguste-Zacharie-Constant), engenheiro da estrada de Ferro Porto-Alegre, à Urugayana, cidade de Cachoeira, province de Rio grande del Sul (Brésil).

Bell (Paul-René-Natalis), avenue Trudaine, 16.

Bellet (Henri-Nicolas), au chemin de fer du Nord belge, à Marchienne-Saint-Martin (Belgique).

Bellet (Jean-Baptiste-Adolphe), boulevard Magenta, 150.

Belleville (Julien-François), ✱, constructeur, avenue Trudaine, 16.

Bellier (Adolphe), ✱ ✱, chef de la division centrale au chemin de fer du Midi, rue Laroche, 14, à Bordeaux (Gironde).

Belpaire (Alfred), ✠, ingénieur en chef à Bruxelles (Belgique).

Bénédic-Fribourg (Henri-Georges), rue Miroménil, 8.

Benoit (René), adjoint au bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Benoit-Duportail (Armand-Camille), ✱, rue La Condamine, 100.

Bérard (Édouard-Jules), 19, faubourg Tarragnoz, à Besançon (Doubs).

Berendorf (Joseph), constructeur, avenue d'Italie, 75.

Berenger (Jean-Alexandre), inspecteur de la traction aux chemins de fer du Sud de l'Autriche, IV Theresianumgasse, 8, à Vienne (Autriche).

Berger (Jean-Georges), chez M. André, à Thann (Alsace).

MM. Bergeron, rue de Penthièvre, 26.

Bernard (Auguste), ingénieur de la voie au chemin du fer du Nord, à Namur (Belgique).

Bertheault (William), directeur des forges de Montataire (Oise).

Berthier (Camille), fabricant de tuiles et briques, à La Ferté-Saint-Aubin (Loiret).

Berthon (Louis-Alfred), 51, chaussée d'Antin.

Berthot (Pierre), rue de Jouffroy, 47.

Berton (Albert-Adrien), boulevard Péreire, 150.

Berton (Théodore), rue Saint-Martin, 30, à Versailles (Seine-et-Oise).

Bertrand (Alfred-Pierre-Joseph), filateur, à Cambrai (Nord).

Bertrand (Gustave), rue Bonaparte, 82.

Béthouart (Alfred-Auguste), ✱, à Chartres (Eure-et-Loir).

Beudin (Gustave), boulevard Haussmann, 155.

Bévan de Massy (Henri), C. ✱ C. ✠, rue d'Isly, 7.

Bezy (Léon-Auguste), rue de l'Entrepôt, 26.

Bianchi, ✱ ✱, rue de Rennes, 154.

Biarez (Alfred-Louis-Paul), ingénieur en chef de la voie au chemin de fer de Saragosse à Pampelune, à Barcelone (Espagne).

Bidou (Léon-Auguste-Clément), ✱, à Sienne (Italie).

Bieber (Albert-Otto), rue de Londres, 13.

Bignami (Orlando), R. Principe Tommasso, 18, à Turin (Italie).

Biju-Duval (Paul), cours de Vincennes, 46.

Billiet (Constant-Émile), 13, passage du Jeu de Boules.

Binot de Villiers (Georges-Charles), 57, rue Pigalle.

Binder (Charles-Jules), boulevard Haussmann, 170.

Bippert, rue des Petites-Écuries, 42.

Birlé (Albert), rue de France, 15, à Nice (Alpes-Maritimes).

Biver (Hector), ✱, rue de Sèvres, 91.

Biver (Pierre-Ernest-Dominique), rue de la Darse, 10, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Biver (Mathias-Alfred), à Saint-Gobain (Aisne).

Bixio (Maurice), quai Voltaire, 17.

Blake (David), ✱, à Dieppe (Seine-Inférieure).

Blanche (Auguste), ✱, quai National, 3, à Puteaux.

Blanchard (Louis-Auguste-Albert) directeur du matériel de la Société Foncière et Agricole de la Basse-Égypte, à Com-el-Akar, par Alexandrie (Égypte).

Blanchet (Augustin-Hector), à la papeterie de Rives (Isère).

Blanco (Juan-Maria), plaza de San-Francisco, 3, à San-Lucar de Banameda (Espagne).

Blanleuil (Jean-Victor), entrepreneur de travaux publics, à Angoulême (Charente).

MM. Blard (Alexandre-Louis), rue de Rivoli, 226.

Blétry (Alphonse-Edmond), office des Brevets d'invention, rue des Filles du Calvaire, 6.

Blétry (Constant-Pierre-Alexandre), office des Brevets d'invention, rue des Filles du Calvaire, 6.

Bleynie (Martial), avenue Lacuée, 28.

Blonay (de) (Henri), ingénieur consultant, à Lausanne (Suisse).

Blondeau (Paul-François), avenue des Amandiers, 10.

Blondel (Henri-Auguste-Adrien), rue de Provence, 48.

Blondel (Henry-Jean), ✱, architecte, quai de la Mégisserie, 14.

Blot (Léon), boulevard des Batignolles, 29.

Blot (Georges-René), rue Faure-Belon, 2, à Saint-Étienne (Loire).

Blythe (John), entreprise de préparation des bois, cours du Jardin-Public, 24, à Bordeaux (Gironde).

Bobin (Hippolyte), rue de la Victoire, 72.

Bocquet (Jules-Armand), boulevard de la Villette, 60.

Bocquin (Jules-Émile), ingénieur chez M. le comte Ladislas Michel Branicki, à Stawiscze par Bialo Cerkiew, gouvernement de Kiew (Russie).

Bodin (Paul-Joseph), avenue de Clichy, 176.

Boire (Émile), constructeur pour sucrerie et distillerie, quai de la Haute-Deûle, 25 et 27, à Lille (Nord).

Boischevalier (de) (Paul-Eugène), rue Montalivet, 10.

Boistel (Louis-Charles-Georges), représentant de la maison Siemens, rue Picot, 8.

Boivin (Émile), raffineur, rue de Flandre, 145, à la Villette.

Bolle (Jean-Gustave), fabricant de bougies et savons, à Dôle (Jura).

Bomches (Frédéric), via Belvedère, 180, à Trieste (Autriche).

Bonnard (de) (Gaëtan-Arthur), boulevard Magenta, 109.

Bonnardel (Barthélemy-Antoine), aux forges de Montataire (Oise).

Bonnassies (Paul Bernard), ✠, représentant de la Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la maison Pétin et Gaudet, rue des Pyramides, 20.

Bonnaterre (Joseph), rue Bourdaloue, 9.

Bonnefond (Charles), rue Nationale, 57, à Ivry-sur-Seine.

Bonnet (Désiré), constructeur de machines, à Toulouse (Haute-Garonne).

Bonnet (Édouard), O. ✱ ✱, parc de la Pièce d'Eau, 3, à Chatou (Seine-et-Oise).

Bonneville (Paul-Armand-Joseph), rue Albouy, 25.

Bonnin (René), agent voyer en chef, à Évreux (Eure).

Bontemps (Georges), rue de Lille, 11.

Bornèque (Pierre-Constant-Eugène), ✱, ingénieur, chez MM. Japy frères, à Beaucourt (Haut-Rhin).

MM. Bossi (de) (Édouard), quai Pierre Fatio, 8, à Genève (Suisse).
Borodine (Alexandre), ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer du Sud-Ouest Russes, à Kiew (Russie).
Boubée (F.-Charles-Paul), ✱, directeur de l'entreprise industrielle italienne de constructions métalliques, 27, S. Teresella degli Spagnuoli, à Naples (Italie).
Boucard (Alexandre-André), rue d'Antin, 14.
Boucheron (Henri-Marc-Louis-Gustave), quai d'Orsay, 99.
Bouchotte (Émile-Simon), rue de l'Aire, 25, à Saintes (Charente-Inférieure).
Boudard (Casimir), inspecteur des fonderies et laminoirs de zinc de Dangu, ingénieur de la Compagnie Française d'éclairage et de chauffage par le gaz, ingénieur-conseil de la Société du gaz de Port-Saïd, rue Lafayette, 110.
Boudard (Félix-Arthur), rue Perronet, 7.
Bougère (Laurent), à Angers (Maine-et-Loire).
Bouhey (Étienne), constructeur, avenue Daumesnil, 43.
Bouilhet (Henri-Charles), O. ✱, rue de Bondy, 56.
Bouissou (Amable-Louis), rue Montrosier, 7, à Neuilly.
Boulet (Jean-Baptiste), faubourg Poissonnière, 144.
Boulogne (Jules-Ernest), quai de la Seine, à Saint-Denis.
Bourcart (Henri), filateur, à Guebwiller (Haute-Alsace).
Bourdais (Jules), O. ✱, architecte, rue Laffitte, 51.
Bourdelas (Jules-Louis), chef de bureau aux Chemins de fer de l'État, services techniques de la direction, rue Rennequin, 60, aux Ternes.
Bourdil (François-Bernard), 11 *bis*, boulevard Haussmann.
Bourdin (Gabriel-Jules-Amédée), métallurgiste, boulevard Bineau, 21 (Banlieue.)
Bourdin (Raphaël-Charles), à Nantes (Loire-Inférieure).
Bourdon (Eugène), ✱, constructeur-mécanicien, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
Bourdon (Édouard-François), constructeur-mécanicien, Faubourg-du-Temple, 74.
Bourdon (Alexandre-Charles), constructeur, boulevard Voltaire, 87.
Bourgougnon (Étienne), rue de la Victoire, 43.
Bourgougnon (René), rue Lemercier, 44, aux Batignolles.
Bourry (Émile-Charles), 80, rue Taitbout.
Bourset (Louis-Désiré), architecte, à Cirey le Château (H.-Marne).
Boutmy (Gabriel-François), ✱, boulevard Mazas, 20.
Bouveret (Louis), directeur des ateliers de Piétrassa, à Teduccio, près Naples (Italie).
Bouvard (Paul-Marie), ✱, au Creuzot (Saône-et-Loire).
Bouvet (Auguste-Hippolyte), rue Fontaine-au-Roi, 17.
Brabant (Georges-Édouard), à Morenchies, par Cambrai (Nord).
Bracquemont (de) (Adrien), ✱, boulevard Malesherbes, 19.

MM. Brahwell (Frédéric-Joseph), 37, Great George street Westminster, à Londres (Angleterre).

Branville (de) (Paul), rue Jacques-Cœur, 29.

Brauer (François-Charles), à Graffenstaden (Alsace).

Brault (Alexandre), ✱, rue de Bonneval, à Chartres (Eure-et-Loir).

Brault (François), constructeur, à Chartres (Eure-et-Loir).

Bréguet, O. ✱, horloger, quai de l'Horloge, 39.

Bréguet fils (Antoine), ✱, 5, rue de Savoie.

Brémond (Joseph-Alexandre-Lucien), directeur de la Compagnie Madrilène du gaz, 2, Rondo de Toledo, à Madrid (Espagne).

Breton (Étienne), chef de section à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, à Bar-sur-Aube (Aube).

Bricogne (Charles), ✱, rue du Faubourg-Poissonnière, 33.

Bridel (Gustave), directeur de la correction des eaux, à Bienne (Suisse).

Brisse (Alexandre-Fulbert-Xavier), ingénieur en chef du Fucino, via Frattina, 104, à Rome (Italie).

Brivet (Henri), produits chimiques, avenue Péreire, 70, à Asnières.

Broad (Édouard-John), 6, Queen Street Place, à Londres (Angleterre).

Brocchi (Astère), directeur de la maison Périn, fabricant de scies, avenue d'Ivry, 19.

Brodard (Marie-Anatole-Octave), rue du Bac, 94.

Bronne (Joseph), papetier, rue Joubert, 29.

Bronne (Louis), industriel, rue Grétry, 28, à Liége (Belgique).

Brossard (Louis-Henri-Maurice), inspecteur du matériel fixe au chemin de fer de Lyon, rue Cochin, 5.

Bruère, à Signy le Petit (Ardennes).

Bruignac (Duroy de) (Albert), rue Saint-Antoine, 9, à Versailles (Seine-et-Oise).

Brüll (Achille), rue Saint-Lazare, 6.

Brunlees (James), 5, Victoria street, Westminster S. W. (Londres).

Brunon (Barthélemy), constructeur, à Rive de Gier (Loire).

Brustlein (H.-Aimé), à Unieux (Loire).

Buchetti (Jacques-Antoine), directeur général des fonderies, laminage et étirage de cuivre, à Romilly-sur-Andelle (Eure).

Buddicom, ✱, Penbedw-Mold flintshire (Angleterre).

Bullot (Edmond), rue de la Gare, 12, à Saint-Denis.

Bunel (Henri), architecte, rue du Conservatoire, 13.

Buquet (Hippolyte-Amédée), gérant de la *Revue industrielle*, boulevard des Batignolles, 13.

Bureau, rue de Moscou, 29.

Buron (Oscar-Gabriel), ingénieur adjoint à l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, rue de Vaugirard, 48.

Busschop (Émile), à Villeneuve-Saint-Georges (Seine-et-Oise).

C

MM. Cabanes (Félix), rue de Rome, 119.
Cabany (Armand), constructeur, à Malines (Belgique).
Cachelièvre (Charles-Paul-Émile), C. ✱, ingénieur chef de via y obras del ferro-carril de Madrid à Ciudad-Real et Badajoz, Recoletas, 5, 2°, à Madrid (Espagne).
Cacheux (Émile-François-Joseph), ✱, quai Saint-Michel, 25.
Cadiat (Ernest), rue Meslay, 24.
Caen (Léon), avenue de Paris, 74, à Saint-Denis (Seine).
Cahen (Albert), boulevard Saint-Denis, 1.
Cahen-Strauss (Lucien), rue du Temple, 168.
Cail (Émile), avenue de l'Empereur, 121.
Caillé (Jules-Charles), inspecteur du matériel fixe au chemin de fer d'Orléans, rue Guy de La Brosse, 11.
Caillot-Pinart, ✱, rue du Faubourg-Saint-Martin, 167.
Caisso (Marin), ancien ingénieur des chemins de fer de l'Ouest, Grande-Rue, 32, à Asnières (Seine).
Calabre (Sébastien), rue Affre, 3.
Caldaya (Charles-Antony), ingénieur des hauts fourneaux de la Société métallurgique, à Tarascon (Ariège).
Calla père (Christophe), ✱, rue des Marronniers, 8, à Passy.
Calleja (Henri), à la Ciudad-Real (Espagne).
Cantagrel (Simon-Charles), rue de Navarin, 14.
Capdevielle, rue de la Gare, 2, à Saint-Denis.
Capelle (Eugène-Gustave), rue Lesueur, 70, au Havre (Seine-Inférieure).
Capuccio (Gaetano), à Turin (Piémont).
Carcuac (Armand-Jean-Antoine), à Aubin (Aveyron).
Carié (Paul-Raymond-Léopold), rue des Martyrs, 41.
Carette (Louis), rue du Chemin-Vert, 42.
Carré (Ferdinand-Philippe-Édouard), à la Nozaie, près Nemours (Seine-et-Marne).
Carez (Ernest-Eugène), ✱, administrateur de la Société de constructions mécaniques, rue Jean-Lafontaine, 5, à Saint-Quentin (Aisne).
Carimantrand (Jules), ✱, rue de Constantinople, 14.
Carpentier (Léon), rue de Fleurus, 37.
Carpentier (Jules-Adrien), rue du Luxembourg, 34.
Carron (Pierre-Joseph-Charles), rue Très-Cloîtres, 21, à Grenoble (Isère).
Cartier (Émile), fabricant de sucre, à Nassandres (Eure).

MM. Cassagnes (Gilbert-Alfred), directeur des *Annales industrielles*, rue Lafayette, 18.

Casalonga (Dominique-Antoine), rue des Halles, 15.

Castel (Émile), ✻ O. ✠, rue de Dunkerque, 20.

Cauvet (Alcide), ✻, rue Neuve des Mathurins, 23.

Cazalis de Fondouce (Paul), ✻ ✠ ✻, propriétaire agricole, rue des Étuves, 18, à Montpellier (Hérault).

Cazes (Edwards-Adrien), quai de Bourgogne, 37, à Bordeaux (Gironde).

Cernuschi, avenue Velasquez, 7, via San-Maurilio, 13, à Milan (Italie).

Chabrier (Ernest), O. ✻, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).

Chaix (Henri-Jules), rue de Dunkerque, 78.

Chalain (Prosper-Édouard), rue du Faubourg-Saint-Martin, 167.

Chaligny (Gabriel-Joseph), ✻ ✠, rue Philippe de Girard, 54.

Chalmeton, aux forges d'Aubin (Aveyron).

Championnière, à Montlignon (Seine-et-Oise).

Champouillon, ✻, avenue Gourgaud, 18.

Chancerel (Charles-Antoine), rue Béranger, 21.

Chanoit (François), à Villeneuve-Saint-Georges (Seine-et-Oise).

Chansselle (Jules-Vincent), ingénieur principal de la Société houillère de Saint-Étienne (Loire).

Chapman (Henri), ✻, rue Louis le Grand, 11, et 113, Victoria street Westminster S. W., London.

Chapron (Laurence-Louis-Achille), architecte, ingénieur chef directeur des études et travaux du grand Môle du gouvernement à Valparaiso (Chili).

Charbonnier (Amédée-Pierre), au Creuzot (Saône-et-Loire).

Chardon (Eugène-Frédéric), rue de Trévise, 14.

Charlier (Timothée), O. ✠ ✻, ancien directeur des chemins de fer de Roumanie et inspecteur général des ponts et chaussées de Roumanie, à la villa Ouchy, à Lausanne (Suisse).

Charlon (Claude-Émile), ingénieur-directeur des usines et carrières de Diano Marino (Italie).

Charpentier (Joseph-Ferdinand), boulevard de Strasbourg, 75.

Charpentier (Paul-Ferdinand), métallurgiste, rue Lafayette, 58.

Charton (Jules-Jean), ✻ ✻, ingénieur de la construction aux chemins de fer du Midi, boulevard Haussmann, 54.

Chassevent (Camille-Henri-Marie), boulevard d'Enfer prolongé, 6.

Chatard (Alfred), rue de Berlin, 40.

Chateau (Théodore-Jean-Marie), chimiste, rue Saint-Denis, 12, à Aubervilliers (Seine).

Chauveau des Roches (Arthur), ✻ O. ✻, à Masseuil-Quinçay, par Vouillé (Vienne).

Chauveau (Jules-Édouard), rue d'Arcet, 24.

MM. Chauvel (Émile), ✠, à Navarre, par Évreux (Eure).
Chavannes (Émile-Frédéric), rue de Vauban, 3, à Lyon (Rhône).
Chéron (Charles-Louis), régisseur de l'usine à gaz de Boulogne-sur-Seine, route de Versailles, 196 (Seine).
Chéron (Réné-Michel), rue de Courcelles, 190.
Chevalier (Émile), constructeur, quai de Grenelle, 65.
Chevalier (Louis-Jacques-Henri), quai de Grenelle, 65.
Chevalier (Georges-Édouard-André), rue Taitbout, 61.
Chevrier (P.-Marcel-Louis-Marie), gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.
Chiésa (Claudin), rue Galvani, 5.
Chobrzynski (Jean-Pierre-Charles), ✠ ✠, boulevard Magenta, 137.
Cholet (Lucien-Alfred), ingénieur du matériel fixe des chemins de fer de l'État, rue Saint-Paul, 8.
Chopin (Nicolas-Philippe), régisseur du chemin de fer de Bordeaux à la Sauve, quai Deschamps, 58, La Bastide, à Bordeaux (Gironde).
Chopitéa (de) (Charles), à Barcelone (Espagne).
Chrétien (Jean), rue de Monceau, 87.
Chuwab (Charles), rue Lafontaine, 70.
Ckiandi (Alexandre-Henri), chimiste, rue des Templiers, 25, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Clair (Alexandre), C. ✠ O. ✠, rue Duroc, 5.
Claparède (Frédéric-Moyse), ✠, quai de Seine, à Saint-Denis (Seine).
Claparède fils (Frédéric), quai de Seine, à Saint-Denis (Seine).
Claret (Joaquim), ingénieur de la Compagnie Madrilène, à Madrid (Espagne).
Claudel (Charles), à la Südbahnnhof, à Vienne (Autriche).
Clausel de Coussergues (Isidore), rue de Madrid, 15.
Clémandot (Louis), ✠, 18, rue Brochant, aux Batignolles.
Clémencin (Perfecto Maria), ingénieur des mines, à l'École des mines, à Madrid (Espagne).
Clerc (Jules-Auguste), rue de Tocqueville, 2.
Clerfayt (Adolphe), rue Feronstrée, 27, à Liége (Belgique).
Clervaux (de) (Paul), sous-directeur des aciéries de Firminy (Loire).
Closson (Prosper), avenue Trudaine, 29.
Cochot (George-Henri), constructeur, avenue Lacuée, 36.
Cohendet (Victor-Hippolyte), constructeur, avenue de Suffren, 40.
Coignet (Alphonse), ingénieur de la maison Coignet père et fils, 3, rue Rabelais, à Lyon.
Coignet (François), rue La Fayette, 130.
Coignet (Jean), boulevard Denain, 4.
Coffinet (Simon-Romain), ✠ O. ✠ C. ✠ ✠, sous-directeur de l'exploitation des chemins de fer P.-L.-M., rue Auber, 13.

MM. Colladon, ❋, promenade du Pin, 1, à Genève (Suisse).
Colle (Simon), à Mornay, par Allier (Cher).
Collet (Charles-Henri), rue d'Astorg, 4 *bis*.
Collin (Émile-Charles), administrateur délégué de la Société des mines d'Écombrera (Espagne), rue Taitbout, 64.
Colson (Paul), ✠, Sierra Almagrera, par Murcia (Espagne).
Combes (Édouard), à Sydney (Nouvelle-Galle du Sud) (Australie).
Comolli (Louis-Antoine), consulat d'Italie, à Buenos-Ayres (Amérique du Sud).
Comte (Charles-Adolphe), rue Cambon, 9.
Conchon (Eugène-Gabriel), architecte, rue de Monsieur, 19.
Contamin (Victor), 11, avenue Gourgaud.
Coquerel (Paul), rue Clapeyron, 25.
Cormier (Paul-Alexandre), à la vermicellerie de Meaux (Seine-et-Marne).
Cornaille (Alfred), à Cambrai (Nord).
Cornesse (François), chef du service des Forges au Creuzot (Saône-et-Loire).
Cornier (Victor), ingénieur à l'usine du Ciment-Vicat, à Vif (Isère).
Cornuault (Émile-Léon-Félix), métallurgiste, rue Louis le Grand, 6.
Corpet (Lucien), constructeur-mécanicien, avenue Philippe-Auguste, 117 et 119.
Cosnard (Ernest), rue de La Tour, 47, à Passy.
Cossigny (de) (Jules-François), à Courcelles, commune de Cléry, par Saint-Parres-lez-Vandes (Aube).
Coste (Antoine-Guillaume), rue du Bac, 144.
Coste (Armand), ❋, rue Rovigo, 12.
Cosyns, à Mons (Belgique).
Cotard (Charles), ❋, ❋, ✠, C. ✠, rue de Gramont, 17.
Cottrau (Alfred-Henri-Joseph), C. ❋, C. ✠ ✠, administrateur délégué des chemins de fer de la Sicile occidentale, Villino Cottrau, à Pausilippe, Naples (Italie).
Couard (Joseph-Félix), inspecteur principal de la voie des chemins de fer de Lyon, avenue Ledru-Rollin, 50.
Couderc (André-Jean-B.-Augustin-Marie), maison Mary Lafren, rue Saint-Georges, à Montauban (Tarn-et-Garonne).
Coulanghon (François-Marie), à Mons en Barœul, 12, route de Roubaix, près de Lille (Nord).
Coullaut (Alfred-Louis-Joseph), ✠, à Fornos d'Algodres (Portugal).
Couriot (Charles-Henri-Gustave), ✠, secrétaire du Conseil d'administration de la Société des mines de la Loire, rue de Richelieu, 85.

MM. Cournerie (Amédée-Barthélemy), ✱, rue de la Saline, 1, à Cherbourg (Manche).

Cournerie (Jean-Baptiste-Eugène-Georges), rue Hélain, 85, à Cherbourg (Manche).

Courras (Philippe), ✱, boulevard des Batignolles, 58.

Courtépée (Laurent), rue des Francs-Bourgeois, 31.

Courtès-Lapeyrat (Georges-Clément), rue du Bac, 90.

Courtier (Louis), rue de Dunkerque, 43.

Courtin (Amédée-Augustin), chef d'atelier du chemin de fer du Nord, rue de Passy, 97, à la Chapelle.

Courtines (Jacques), ✱, avenue du Chemin de Fer, à Rueil (Seine-et-Oise).

Courtois (Antoine-Hippolyte), rue Choron, 8.

Courtois (Marie-Émile), ✱, ingénieur de la Compagnie des Forges et Fonderies de Terre-Noire-Voulte et Bességes, rue Sainte-Hélène, 8, à Lyon (Rhône).

Cousté (E.), ✱, boulevard Saint-Michel, 76.

Couturaud (Lucien-Eugène), quai du Pont-Neuf, 6, à Abbeville (Somme).

Couture (Jules), directeur de l'exploitation des gaz et hauts fourneaux, rue Montgrand, 39, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Crampton, Victoria-Street, ✱, 4, Westminster S. W., Londres.

Crepin (Christian), fabricant de sucre, à Saulty, par Larbret (Pas-de-Calais).

Crespin (Auguste), boulevard de Clichy, 14.

Crespin (Arthur-Auguste), avenue Parmentier, 28.

Crétin (Gabriel), ✱, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 237.

Criner (Georges), rue de la Victoire, 86.

Crouan (Henry-Marie-Léon), Faubourg-Poissonnière, 158.

Crozet (Émile), à Valcherie, près le Chambon-Feugerolles (Loire).

Crozet (J.-C.), à Valcherie, près le Chambon-Feugerolles (Loire).

Cruchet (Fernand-Paul), avenue Ledru-Rollin, 52.

Cuchetet (Charles-Eugène), rue Halévy, 5.

Cuinat (Charles), rue de Naples, 52.

Czyzikowski (Stephen), avenue de l'Opéra, 20.

D

MM. Daburon (Henri-Charles), ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).

Da Costa (Arin), rue Legendre, 4.

Dagail (Louis), à Royan les Bains (Charente-Inférieure).

Daguerre d'Ospital (Léon), calle de Prado, 20, Madrid (Espagne).

MM. Daguin (Ernest), O. ✱, rue Castellane, 4.

Dailly (Gaspard-Adolphe), O. ✱, maître de la poste aux chevaux, rue Pigalle, 67.

Daix (Victor), ✱, boulevard Saint-Martin, 36, à Saint-Quentin (Aisne).

Dallemagne (Jules-Joseph-Jacques), place Wagram, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).

Dallemagne (Émile), directeur des charbonnages de Sclessin-Tilleur, près Liége (Belgique).

Dallemagne (Jules), administrateur-gérant de la Société de Sclessin, près Liége (Belgique).

Dallot (Auguste), ✱, rue de Douai, 17.

Dambricourt (Auguste), à Vezernes, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).

Damoizeau (Victor-Jules), boulevard de la Contrescarpe, 36.

Danvers (Henry), rue Taitbout, 16.

Darblay (Paul), à Corbeil (Seine-et-Oise).

Daret-Derville (Ch.-Am.), chef du bureau central du matériel et de la traction aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, calle Santiago, 61, à Valladolid (Espagne).

Dargent (Jean-Erasme-Florimond), ✱ ✠, gare de San Bernardo, à Séville (Espagne).

Daveluy (Marie-Alfred-Alphonse), inspecteur principal aux chemins de fer P.-L.-M., rue Saint-Antoine, 207.

David (Pierre), ✱, Ingénieur de l'Exploitation aux chemins de fer du Midi, 341, boulevard de Talence, à Bordeaux (Gironde).

Debar (Auguste), directeur des ateliers de Fécamp (Seine-Infér.).

Debarle (Louis), rue de l'Ourcq, 33, à la Villette.

Debié (Jules), quai des Grands-Augustins, 53.

Deby (Julien-Marie), 3, Lombard-Street-London, E. C. (Angleterre).

Decauville (Paul), ✱, directeur de Petit-Bourg (Seine-et-Oise).

Decaux (Charles-Auguste), ✱, rue Notre-Dame des Champs, 107.

Decescaud (Jean-Daniel), rue d'Austerlitz, à Angoulême (Charente).

De Coene (Jules), ✱, boulevard Jeanne-d'Arc, 21, à Rouen (Seine-Inférieure).

De Comberousse (Charles), ✱, professeur à l'École centrale, rue Blanche, 45.

Decoudun (Jules), constructeur-mécanicien, boulevard Sébastopol, 83.

Deffosse (Étienne-Alphonse), ✱, ingénieur de la construction au chemin de fer de Lyon, 10, Cours du Midi, à Lyon (Rhône).

Degousée (Edmond), ✱, rue de Chabrol, 35.

D'Eichthal (Georges), administrateur de la Compagnie française de matériel de chemin de fer, rue Châteaudun, 53.

Dejey Joanny, boulevard de Strasbourg, 24.

Delage (Pierre-Joseph), boulevard Beaumarchais, 90.

MM. Delanney (Hippolyte), O. ✱, agent voyer en chef, au Mans (Sarthe).

Delannoy (François-Albert), ✱ C. ✱ ✠, rue de Paris, 106, à Charenton le Pont (Seine).

Delano (William-Henri), quai Valmy, 117.

Delamarre (George-Théodore), inspecteur de l'exploitation au chemin de fer du Nord, gare de Saint-Just en Chaussée (Oise).

Delapchier (Victor-Jean), associé de la fabrique de bougies du Diamant, route des Poissonniers, à Saint-Denis.

Delaperrière (Marie-Antoine), ingénieur auxiliaire des ponts et chaussées, à Fontenay le Comte (Vendée).

Delaporte (Georges-Armand-Gustave) ✱, chimiste, rue des Bourdonnais, 37.

Delaporte (Charles-Antoine), filateur, à Maromme (Seine-Inférieure).

Delaporte (Georges), cité Rougemont, 4.

Delaroyère (Ernest-Joseph), à la sucrerie et raffinerie de Somain (Nord).

Delaunay (Jules-Henri), ✱ ✠, rue de Cormeille, 25, à Levallois-Perret (Seine).

Delaunay (Louis-Marie-Gabriel), ✱, rue du Port, 9, à Saint-Denis.

Delebecque, ✱, rue de Douai, 6.

Delerm (Jules-François), rue des Forges, 14, à Angers (Maine-et-Loire).

Delettrez (Eugène-Géry), rue Taitbout, 29.

Deleury (Stanislas-Alexandre-Jules), directeur de l'usine à gaz, rue de Clagny, 12, à Versailles (Seine-et-Oise).

Deligny (Ernest), O. ✱ ✱, rue François Ier, 18.

Delille (Armand-Isaac-François), usine Bouchacourt, à Fourchambault (Nièvre).

Delin (François), à Rouen (Seine-Inférieure).

Delinières (Élie), fabricant de tubes en fer, à Montluçon (Allier).

Delmas (Fernand), faubourg Poissonnière, 110.

Delom (Florentin), rue Ramey, 19.

Delporte (Hugues), ingénieur, chef de division à la Compagnie des Dombes, à Bellegarde (Ain).

Delsa (Hubert), ✱, constructeur, rue de la Limite, 18, à Liége (Belgique).

Demanest (Edmond), rue d'Amsterdam, 59.

Demans (Benoît-François-Noël), au Chambon-Feugerolles (Loire).

Demeule (Gustave), ✱, rue de Paris-et-Henry, à Elbeuf (Seine-Inférieure).

Demimuid (René), ✱, architecte, boulevard Saint-Michel, 9.

Denfer (Jules-François-Maxime), architecte, rue de la Santé, 9.

Deniel (Sébastien), ✱ ✱, place de la Halle, 9, à Brest (Finistère).

MM. Deniel (Émile), ingénieur du canal d'Ottava, à Grenville (Canada), (Province de Québec).

Denis (Gustave), à Fontaine-Daniel, près Mayenne (Mayenne).

Denis (Ernest), rue de Verneuil, 22.

Denis de Lagarde. (Ludovic-Eugène), C. ✠, Puerta del Sol, 13, à Madrid (Espagne).

Denise (Lucien), ✠, architecte, passage Violet, 12.

Denizr (François-Auguste), ingénieur, à Fourchambault (Nièvre).

Denoyelle (Jean-Baptiste-Théophile-Léon), rue du Rocher, 53.

Depérais (Charles), ✠, vico Monteroduni, n° 1, à Naples (Italie).

Deprez (Marcel), rue Cassini, 16.

Derennes (Jean-Baptiste-Ernest), rue du Bocage, 7, dans l'île Saint-Denis.

Deroualle (Victor), avenue de Launay, 14, à Nantes (Loire-Inférieure).

Dervaux (Ernest), fabricant de ferrures à Vieux-Condé (Nord).

Desbrière, ✠, C. ✠ O. ✠ ✠, rue de Provence, 56.

De Schryver (Isidore), à Hautmont (Nord).

Desforge (Louis-Alphonse), chef de section au chemin de fer de l'Est, rue Jaillaux-Deschainets, 4, à Troyes, (Aube).

Desforges (Joseph-Abel-Marie), rue des Francs-Bourgeois, 54.

Desgrange (Hubert), ✠, ✠ ✠ C. ✠, boulevard Haussmann, 135.

Desjardins (Jean-Marc-Édouard), rue d'Aubervilliers, 134.

Desmaret (Paul-Louis), boulevard Saint-Michel, 97.

Desmasures (Camille), O. ✠, boulevard Haussmann, 64.

Desmousseaux de Givré (Émilien), ✠, rue de Lille, 79.

Desnos (Charles), ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention, boulevard Magenta, 14.

Desnoyers (Alfred), maître de forges, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 36.

Despaux (Arsène-Joseph), chef de section aux chemins de fer de l'État, rue du Haut-Chinchauvaud, à Limoges (Haute-Vienne).

Després (Alphonse-Victor-Guillaume), rue Saint-Sulpice, 6.

Despret (Édouard), ✠, ingénieur en chef, directeur des voies et travaux du chemin de fer Grand-Central Belge, rue de Trèves, 41, à Bruxelles (Belgique).

Detraux (Benjamin), ingénieur auxiliaire des travaux de l'État, à Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne).

Devaureix (Michel-Jules), rue des Poissonniers, 11, à Saint-Denis.

Deville (Anatole), rue de Lyon, 43.

Devilliers (Émile-Joseph), boulevard de Latour-Maubourg, 54.

Dez-Sicard (Jules), à Cannes (Alpes-Maritimes).

D'Hubert (Joseph-Adolphe-Constant), directeur de la Compagnie Lesage, rue de Richelieu, 110.

Diard (Henri-Pierre-Alfred), à Amboise (Indre-et-Loire).

Didierjean (Eugène), ✠, à Saint-Louis (Lorraine).

Dietz (David), ✠, O. ✠, rue Blanche, 27.

MM. Doat (Henri), directeur de la Compagnie des Eaux, rue Pagès, à Suresnes (Seine).

Dolabaratz (Louis-Alfred), directeur du Crédit foncier colonial, à Saint-Denis (île de la Réunion).

Dollfus (Jules), au chemin de fer de Tlemcen, à Oran (Algérie).

Dollot (Émile-Victor-Emmanuel), entrepreneur des travaux publics, à Celles-sur-Aisne, par Vailly (Aisne).

Donnay (Charles), constructeur, rue de l'Atlas, 23.

Donon (Alfred-Adrien), rue d'Argenson, 3.

Dorion (Joseph-Charles-Marie), directeur des mines de Bouquies, à Decazeville (Aveyron).

Dornès (Auguste-Charles-Joseph), ✱, ingénieur du chemin de fer de Vitré à Fougères, boulevard Pereire, 128.

Douau (Maximilien-Jean-Bernard), secrétaire du Conseil d'administration de la Société des hauts fourneaux et fonderies du Val d'Osne, boulevard Voltaire, 58.

Doury (Paul), rue de Compiègne, 2.

Drouin (Alexis), rue Beaubourg, 33.

Dru (Léon-Victor-Edmond), rue Rochechouart, 69.

Drugmand (Désiré), ingénieur en chef de la Société de construction des chemins de fer, rue Berlaimont, 14, à Bruxelles (Belgique).

Dubois (Eugène-Auguste), rue de l'Escaut, à Anzin, près Valenciennes (Nord).

Dubois (Guillaume), ✱, directeur-gérant de la Société des charbonnages de Marihaye, près Seraing, à Flemalle-Grand (Belgique).

Dubois (Théophile-Marie-Auguste), rue Bonaparte, 86.

Dubois (Jules), constructeur à Anzin (Nord).

Dubois (François-Léon), rue Lafayette, 48.

Dubuc (Michel-Maximilien), constructeur-mécanicien, rue de Turbigo, 68.

Dufay (Eugène-Isidore), administrateur délégué de la sucrerie de Lieusaint, gérant de la sucrerie de Chevry-Cossigny (Seine-et-M.).

Dufaure (Gabriel), boulevard de la Madeleine, 17.

Dufournel (Alphonse-Théodore), ✱, à Gray (Haute-Saône).

Dufrené (Hector-Auguste), agence des brevets, rue de la Fidélité, 10.

Dujour (Nicolas-Alexis), inspecteur principal, chef du bureau des études du matériel fixe au chemin de fer de P.-L.-M., avenue Daumesnil, 16.

Duluc (Pierre-Auguste-Marie-Albert), rue de Paris, 36, à Épinay-sur-Seine (Seine).

Dumont (Marie-Georges), ✱, inspecteur du mouvement au chemin de fer de l'Est, rue du Faubourg-Saint-Denis, 187.

Dumont (Henri), 14, rue de Visconde de Juhruma, à Rio-Janeiro (Brésil).

MM. Dumont (Louis-François), rue Sedaine, 55.
Duparc (Georges), fabricant de briques, à Sarcelles (Seine-et-Oise).
Dupont (Albert), rue Duperré, 19.
Dupuis (Edmond-Louis), rue de la Pompe, 4, à Passy.
Dupuy (Léopold-Philibert), rue de Flandre, 108.
Durant (Léon-Alexandre-Émile), sous-ingénieur, chef du bureau des études du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, rue Linné, 13.
Durassier (Léon-Gabriel-Alexandre), avenue de Wagram, 24.
Durenne, ✻, constructeur, quai Napoléon, 29, à Courbevoie.
Durenne (Antoine), O. ✻, maître de forges, rue de la Verrerie, 30
Durenne (Albert), à Courbevoie (Seine).
Durocher (Constant), à Coulommiers (Seine-et-Marne).
Durœux (Adolphe-Auguste), boulevard Magenta, 48.
Du Roy de Blicquy (Arthur), ✻, ingénieur en chef de la Société métallurgique et charbonnière belge, place de Louvain, 1, à Bruxelles (Belgique).
Durupt (Jules-Hippolyte-Victor), rue de Sèvres, 155.
Duteil (Paul-Marie), sous-inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Est, à Villiers-sur-Marne (Seine-et-Oise).
Duthu (Paul-Louis), ingénieur des hauts fourneaux de MM. Holtzer, Dorian et Cie, à Ria (Pyrénées-Orientales).
Duval (Raoul), rue François Ier, 53.
Duval (Nicolas), rue Neuve-Popincourt, 8.

E

MM. Eassie (William), 11, Argyll-Street, W., Londres (Angleterre).
Eiffel (Gustave), ✻, C. ✻ ✠, rue Fouquet, 46, à Levallois (Seine).
Ellicott (Henri-Temple), ✻ rue Castiglione, 14, Paris; et à Porto (Portugal).
Ellis (Théodore), Hartford Connecticut, États-Unis (Amérique).
Ellissen (Albert), ✻ ✠ ✻, rue La Boëtie, 21.
Elmering (Adolphe), rue de la Ferme, à Rouen (Seine-Inférieure).
Elwell père, ✻, à Rosny-sur-Seine (Seine-et-Oise).
Elwell (Thomas), constructeur, avenue Trudaine, 26.
Emonin (Henri), rue de Bondy, 72.
Engelmann, rue Bellocq, 10, à Pau (Basses-Pyrénées).
Epstein (Jules-Eugène), administrateur des papeteries de Soczewka (Pologne).
Ermel (Frédéric), ✻ ✻ ✠, cité des Fleurs, 54, aux Batignolles.
Escalle (Pierre), ingénieur aux usines de Tamarès (Gard).

MM. Escande (Antoine-Marie), entrepreneur de constructions en fer, rue de Vaugirard, 177.

Estève (Jean-Albert), chef de service au chemin de fer du Nord, à Lille (Nord).

Estoublon (Henry), chez M. Bouilliant, fondeur, rue Oberkampf, 62.

Étienne (Antoine), ✱, ingénieur de la traction du chemin de fer d'Arzen à Saïda, à Arzen (Algérie).

Étienne (Edgard-Jean-Baptiste), à Cerdeira, par Guarda Beiro Alto (Portugal).

Euverte (Jules), ✱, directeur des usines, à Terre-Noire (Loire).

Évrard (Alfred), directeur de la Compagnie des houillères de Ferfay-Auchel, près Lillers (Pas-de-Calais).

Évrard (Maximilien), ✱, à Saint-Étienne (Loire).

F

MM. Fabre (Émile-Jean-Jacques-Ernest), rue Blanche, 79.

Faivre (Charles-Auguste), constructeur, à Nantes (Loire-Inférieure).

Falguerolles (Eugène), ingénieur, chef du matériel et de la traction des chemins de fer des Charentes à Saintes (Charente-Inférieure).

Faliès (Jacques-Alfred), ✱, rue Sainte-Anne, 9.

Farcot (Joseph), O. ✱, constructeur, à Saint-Ouen (Seine).

Farcot (Emmanuel), faubourg Saint-Martin, 233.

Farcot (Abel), constructeur, rue Nicolo, 22, à Passy.

Farcot (Paul), Ingénieur à l'usine Joseph Farcot, avenue de la Gare, 15, à Saint-Ouen (Seine).

Fargue (Léon), rue du Faubourg-Poissonnière, 113.

Faure-Beaulieu, filateur de laine, avenue Lebel, 8, à Vincennes.

Faverger (Théodore), rue de Maubeuge, 77.

Fayol (Henri), ingénieur principal des houillères, à Commentry (Allier).

Fayollet (Jules-Guillaume), rue du Port, 16, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

Febvre (Armand), rue de Ponthieu, 23.

Feer (Daniel-Paul), rue de Pascale, 35, à Bruxelles (Belgique).

Fellot (Jean), rue de Moscou, 46.

Fernex (de), rue de la Butte-Chaumont, 77.

Fernique (Albert), ✱, chef des travaux graphiques à l'École centrale, rue de Fleurus, 31.

Férot, ✱, rue d'Aumale, 14.

Fèvre (Léon-Jean-Baptiste), rue de la Tour, 117, à Passy.

MM. Fèvre (Henri), architecte, rue de la Ville l'Evêque, 34.
Fichet (Pierre-Anatole), rue de Clichy, 21.
Fiévet (Ernest-Émile), à La Capelle (Aisne).
Finet (Louis), boulevard Central, 33, à Bruxelles (Belgique).
Finet (Théophile), avenue des Arts, 54, à Bruxelles (Belgique).
Flachat (Jules), ✱, place Reggio, 13, à Bar le Duc (Meuse).
Flachat (Yvan), rue de Grenelle-Saint-Germain, 102.
Flaman (Nicolas-Charles-Eugène), rue Saint-Laurent, 52, à Lagny (Seine-et-Marne).
Flaud (Gustave-Achille), ✱, constructeur, avenue de Suffren, 40.
Flavien (Emile-Georges), ✱, rue Condorcet, 63.
Fleury (Edme), au Tréport (Seine-Inférieure).
Fleury (Pierre-Élie-Jules), ✱ ✱, rue des Martyrs, 10.
Fleury (Jean-Simon), ✱, O. ✱, ingénieur, chef de section des chemins de fer de l'État, à Fontgombault (Indre).
Fleury (Jules-Auguste), rue de Rennes, 85.
Flicoteaux (Achille), rue de Grenelle-Saint-Germain, 59.
Floucaud (Arnaud-Joseph), à Chartres (Eure-et-Loir).
Fockedey (Henri-Charles-Marie), associé de la maison Seulfort, Malliar et Meurice, à Maubeuge (Nord).
Fonbonne (de) (Charles-Alexandre), rue de Dunkerque, 20.
Fontaine (Hippolyte), rue Drouot, 15.
Fontenay (de) (Anselme), ✱, ingénieur-chimiste au chemin de fer d'Orléans, boulevard Saint-Michel, 77.
Fontenay (Tony), rue Lesdiguières, 15, à Grenoble (Isère).
Fontenay (de) (Eugène), ✱, rue de l'Arquebuse, 13, à Autun (Saône-et-Loire).
Forcher (Adolphe-Maximilien), ingénieur en chef de la traction des chemins de fer de l'État, à Buda-Pest (Hongrie).
Forey (Miltiade), ✱, directeur des usines métallurgiques, à Montluçon (Allier).
Forquenot (Victor), O. ✱, ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer d'Orléans, boulevard Saint-Michel, 24.
Forquenot (Armand), ✱, rue de Provence, 34.
Fortet (Charles-Élie-Dioclès), chef de section des travaux neufs au chemin de fer du Nord, à Bavay (Nord).
Fortin (Jules-Prosper), ingénieur au Crédit lyonnais, service des Études financières, boulevard des Filles-du-Calvaire, 4.
Fortin-Herrmann (Louis), boulevard Montparnasse, 138.
Fortin-Herrmann (Émile), boulevard Malesherbes, 92.
Fouché (F.-H.), constructeur, rue des Écluses-Saint-Martin, 38.
Fouquet (Louis-Ernest), ✱, chez M. Gouin, avenue de Clichy, 176.
Fouret (Georges-Jean-Baptiste), rue Billault, 16.
Fournier (Eugène), ✱ ✱, inspecteur général de la Société Au-

tvichienne I. R. P., des chemins de fer de l'État, rue Schwarzenberg, 47, à Vienne (Autriche).

MM. FOURNIER (Louis-Victor), rue des Minimes, 14 *bis*.

FOURNIER (Victor), ✱, métallurgiste, avenue du Trocadéro, 178.

FOURNIER, rue de la Ville l'Evêque, 40.

FOURNIER (A.), architecte, boulevard du Chemin de Fer, 60, à Orléans (Loiret).

FRADÉRA (Richard), 1, calle del Conde de Cesalteo, Barcelone (Espagne).

FRAENKEL (Henri), au chemin de fer du Nord-Est, place de Brouckère, 43, à Bruxelles (Belgique).

FRAIX (Félix), ingénieur au chemin de fer de la Beira-Alta, à Celorico da Beira (Portugal).

FRAIX (Alfred-Alexandre-Aimé), 23, Delahay Street Westminster S. W. (Londres).

FRANCEZ (Pierre-Auguste-Georges), route de Flandre, 12, à Pantin (Seine).

FRANCISQUE-MICHEL (Roland-Victor), à la Compagnie Franco-Algérienne à Oran (Algérie).

FRANCK DE PRÉAUMONT (Edmond-Valéry), rue du Helder, 13.

FRANÇOIS (Joseph), à Seraing (Belgique).

FRANCQ (Léon-Émile), boulevard Haussmann, 62.

FRESNAYE (Adrien-Aimé), fabricant de papiers, à Marenla, par Montreuil-sur-Mer (Pas-de-Calais).

FREY fils (André-Pierre), constructeur, rue Plat, 21, villa Ottoz, 1, à Belleville.

FRÉZARD (Stanislas), rue Fontaine-au-Roi, 13.

FRICHOT, directeur de la Compagnie linière, à Pont-Remy (Somme).

FRIEDMANN (Alexandre), à Vienne (Autriche).

FRION (Antoine-Émile), avenue de Choisy, 158.

FROMANTIN (Jean-Baptiste), rue Bonaparte, 53.

FUCHET (Pierre-Paul), carrefour de l'Observatoire, 2.

G

MM. GAGET (Jean-Baptiste), O. ✠, canalisation d'eau, couverture et plomberie d'art, 23, rue Gutenberg (Boulogne-sur-Seine).

GAILDRY (Cyprien), chaussée du Maine, 4.

GAILLEUX (Antoine), sous-chef de section au chemin de fer du Nord de l'Espagne, calle de Santander, 18, à Valladolid (Espagne).

GALLAIS (A.-Pierre), hôtel de l'Univers, à Liége (Belgique).

GALLAIS (Anselme-Pierre), rue des Petits-Hôtels, 7.

MM. Gallaud (Charles), chef de bureau de la voie et des travaux au chemin de fer de Ceinture, rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 6.

Gallois (Charles), directeur de la sucrerie de Francières, par Pont-Sainte-Maxence (Oise).

Gambaro, inspecteur principal du matériel au chemin de fer de l'Est, à la Gare, rue et place de Strasbourg.

Gandillot (Jules), rue Boileau, 12, à Auteuil.

Ganneron (Edmond), O. ✱, rue de Boursault, 18 (aux Batignolles).

Garate Galo, à Haro, Vieille-Castille (Espagne).

Garay (de) (Francisco), directeur général du dessèchement de la vallée de Mexico.

Garcia (Manuel-Charles-Auguste), à Saintes (Charente-Inférieure).

Garde (Jacques-Solem), chez MM. Jouffray, Cadet et fils, constructeurs-mécaniciens, à Vienne (Isère).

Gargan (Louis-Xavier), ✱, rue Perdonnet, 13.

Garnier (Jules-Jacques), ✱ ✠, place Delaborde, 6.

Garnier (Hubert-Louis-Alexis), 127, avenue Daumesnil.

Garreta (Francisco), fabricant de produits céramiques, calle Ramalleras, 20, à Barcelone (Espagne).

Gast (Édouard-Victor), à Issenheim (Alsace).

Gauchot (Paul-Élie), rue du Faubourg-Saint-Martin, 177.

Gaudet, O. ✱, maître de forges, à Rive de Gier (Loire).

Gaudineau (Louis), constructeur d'appareils à gaz, rue Martel, 17.

Gaudry (Jules), boulevard de Magenta, 137.

Gaultier (Georges-Léon-Louis), rue Blanche, 64.

Gaumy (Michel), chef de section au chemin de fer de Marcenais à Libourne, aux Sables d'Olonne (Vendée).

Gaune (André-Joseph-Émile), à Toulon (Var).

Gaupillat (Ernest), rue des Petites-Écuries, 54.

Gauthey (Émile-Mac-Marius), industriel, rue Charlot, 48.

Gauthier (Charles-Prosper), ✱, boulevard Montparnasse, 90.

Gautier (Paul-Émile), rue du Temple, 20.

Gautier (Ferdinand), ingénieur de la Société des fers et aciers, rue Le Peletier, 20.

Gavand (Eugène-Henri), C, ✠. C. ✱ ✱, à Cousance (Jura).

Gayrard (Gustave), ✱, ingénieur en chef du chemin de fer de Ceinture, rue de Berlin, 33.

Gazan (Vulgis-Henri-Louis-Marie), rue d'Auron, 9, à Bourges (Cher).

Geai (Urbain-Jean), directeur de la Société de constructions navales, quai Colbert, au Havre (Seine-Inférieure).

Geay (Charles-Louis), architecte, à Cognac (Charente).

Genissieu (Gustave), rue de la Chaussée d'Antin, 64.

Georgin (Constant), rue des Pyrénées, 377, à Belleville.

MM. Geoffroy (Octave), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à Charleroi (Belgique).

Gérard (Paul-Clovis), avenue Daumesnil, 32.

Gerber (Eugène), O. ✠, directeur de l'exploitation des chemins de fer de Roumanie, à Ploesti (Roumanie).

Germain (Antoine), ingénieur à la sucrerie de M. Larios, à Motril, province de Grenade (Espagne).

Germon (Alexis), C. ✠, chef de division aux chemins de fer de Paris à Lyon, rue des Tournelles, 60.

Ghesquière-Diericx, quai Henri IV, 34.

Gibault (Eugène), rue Truffaut, 28

Gibon (Alexandre-L.), ✠, directeur des Forges de Commentry (Allier).

Giffard, ✠, rue de Marignan, 14.

Gignoux (Arthur-Joseph), rue Doudeauville, 98.

Gigot (Paul-Eugène), rue du Faubourg-Poissonnière, 59.

Gillon (Auguste), G. ✠ ✠ ✠ ✠, à Renory-Angleur-lez-Liége (Belgique).

Gillot (Auguste), avenue de Villiers, 104.

Gillot (Isidore-François-Louis), quai de la Râpée, 54.

Gillotin (Émile), à Plainfaing (Vosges).

Girard (Adam-Charles), ✠, rue des Écoles, 20.

Girard (Joseph), fabricant de pianos, rue de la Banque, 5.

Girard (Paul), directeur des hauts fourneaux de Quiros, par Oviedo y Proaza, Asturies (Espagne).

Girardin (Auguste-Étienne), rue de Vincennes, 36, à Montreuil (Seine).

Giraud (Jules-Joseph-Stanislas), rue des Petits-Hôtels, 34.

Gislain, distillation des schistes bitumineux, boulevard de la Chapelle, 14.

Gispert (de) (Henrique), calle de San Simplicio, 4, à Barcelone (Espagne).

Gobert (Jean-Baptiste), ingénieur de la maison Eiffel et Cie, constructeurs, avenue de Villiers, 140.

Godefroy (Louis-Alexandre), rue Andeix-Manigen, à Limoges (Haute-Vienne).

Godfernaux (Emile-Edmond-Désiré), maison Gouin, 173, avenue de Clichy (Batignolles).

Godefin (Félix-Marie-Jean), rue St.-Louis, 19, à St.-Étienne (Loire).

Goldenberg (Paul-Frédéric-Alfred), à Zornhoff, près Saverne (Alsace).

Goldschmidt (Philippe), IX Liechtenstein strasse, 11, à Vienne (Autriche).

Goldschmidt (de) (Théodor Ritter von), ✠, Nibelungen-Gasse, 7, à Vienne (Autriche).

MM. Gondolo (Antonio-Guido), contrôleur du matériel des chemins de fer de la Haute-Italie, Palazzo Ex-Litta, à Milan (Italie).

Gonzalez-Frossard (Antonio), calle de Tallers, 78, à Barcelone (Espagne).

Goschler (Charles), C. ✱, ✱, à Cinq-Mars la Pile (Indre-et-L.).

Gottereau (Georges-Jean-Marie), ✱ ✱, rue de Douai, 9.

Gottschalk (Alexandre), ✱ ✱ ✱ ✱ O. ✱, cité Rougemont, 10.

Gouault (Pierre-Alexandre), rue Jeanne-d'Arc, 25, à Rouen (Seine-Inférieure).

Gouin (Ernest), C. ✱, constructeur, rue de Cambacérès, 4.

Gouin (Jules-Édouard), avenue de Clichy, 176.

Goumet, constructeur de pompes, rue du Temple, 118.

Goupillon (Arthur-Jules-Désiré), rue Nollet, 81, à Batignolles.

Gouvy (Alexandre), gérant et copropriétaire des forges de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle).

Govignon (Henri-Bonaventure), au chemin de fer d'Arzew à Saïda, à Constantine (Algérie).

Grall (Isidore), inspecteur des steamers, des gondoles, hirondelles et abeilles de la Gironde, à Lormont (Gironde).

Grand fils (Julien), directeur des forges, à Oullins, près Lyon (Rhône).

Grasset (Louis-Ch.-Constant), C. ✱, chef du service de la voie au chemin de fer du Nord de l'Espagne, Léganitos, 54, à Madrid (Espagne).

Grebus (Charles), C. ✱ ✱, ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de Madrid à Saragosse et à Alicante, station de Atocha à Madrid (Espagne).

Greiner (Adolphe), chef du service des aciéries de Cockerill, 10, quai Neuf, à Seraing (Belgique).

Grelley (Pierre-Jules-Armand), ✱, à la manufacture des glaces, chemin de la Gare, 1, à Saint-Denis (Seine).

Gressier (Louis-Edmond), rue de Lyon, 3.

Grièges (de) (Louis-Maurice), sous-ingénieur de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue de Clichy, 11.

Grimshaw (Robert), avenue d'Eylau, 155 et 119, S. Fourth-Philadelphia.

Grison (Théodore-Pierre), 149, rue Saint-Denis.

Grobert (Joseph-Ulysse de), ingénieur de la raffinerie spéciale des mélasses, rue de l'Université, 159.

Grouvelle (Philippe-Jules), rue des Écoles, 26.

Guary (Oscar), boulevard Saint-Germain, 15.

Guébin (Jules), fabricant d'appareils d'éclairage, rue des Sablons 5 *bis*, Passy.

Guébhard (Alfred) O. ✱ ✱ ✱, Ingénieur adjoint du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est, place de Strasbourg.

MM. Guérard (Paul), au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).
Guerbigny (Germeuil-Gaston), chef d'institution, à Villiers le Bel (Seine-et-Oise).
Guérin (Théodore-Antoine), rue de Chabrol, 51.
Guérin (Louis-Dominique), à Roye (Somme).
Guérin de Litteau (Edgar), O. ✱ ✱, rue Blanche, 3.
Guéroult (Paul), quai de Billy, 6.
Gueyton (Camille), rue Lesueur, 16.
Guettier (André), rue Vital, 35.
Guibal (Théophile), ✱ O. ✠, professeur à l'École des Mines de Mons, rue des Groseilliers, 43, à Mons (Belgique).
Guigon Bey (Éloi), directeur des Écoles égyptiennes d'Arts et Métiers, au Caire (Égypte).
Guillaume (Charles), ✱ C. ✱, directeur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, à Madrid (Espagne).
Guillaume (Henri), rue du Château d'Eau, 36.
Guillemant (Paul-Charles-Louis), boulevard Saint-Michel, 3.
Guillemin (Étienne), à la Perraudette, près Lausanne (Suisse).
Guillemin (Georges), fondeur, avenue Parmentier, 2.
Guisan (Olivier-René), ingénieur aux chemins de fer de la Suisse occidentale, avenue de Rumine, 2, à Lausanne (Suisse).
Guntz (Charles), à Haineville, par Flers (Somme).
Guyenet (Constant-Auguste), boulevard de Magenta, 88.
Guyot-Sionnest (Étienne-Ernest), rue Philippe de Girard, 54.

H

MM. Haass (Henry), C. ✱ O. ✱ O. ✱ ✠ ✱, chef de la maison Krupp, rue Blanche, 8.
Hack (Édouard-Louis), chaussée de la Muette, 7, à Passy.
Hacquard (Emile-Ernest), rue Pichon, 7, à Nancy (Meurthe).
Hallié (François-Ernest), ✱, fondateur de l'Institut d'arts et métiers de Fermo (Italie).
Hallopeau (Paul-François-Alfred), inspecteur principal chef du service central du matériel au chemin de fer P.-L.-M., répétiteur à l'École centrale, rue de Lyon, 3.
Halot (Alphonse-François-Marie-Joseph), directeur de la Société des ateliers de la Dyle, à Louvain (Belgique).
Hamelin (Paul), ingénieur du gouvernement Brésilien, rue Lebon, 5, aux Ternes.
Hamelin (Gustave), bureau technique du chemin de la Beira-Alta, Praça do Loretto, n° 1, à Lisbonne (Portugal).
Hamélius (Édouard), rue de La Rochefoucauld, 24.

MM. Hamers, rue Morère, 13 (14e arrondissement).

Hamoir (Réné), ✱, maître de forges, à Maubeuge (Nord).

Hamoir (Fernand), directeur de la manufacture de carrelages céramiques à Louvroil, par Maubeuge (Nord).

Hanrez (Prosper), directeur de la Société Solvay et Cie, usine de Varangeville-Dombasle, à Dombasle (Meurthe-et-Moselle).

Hardon (Alphonse-Eugène), 2, Villa-Saïd, avenue du Bois de Boulogne, 56.

Hardy (John-George), X, Laxemburgenstrasse, 2, à Vienne (Autriche).

Hauet (Alfred-François), chef des travaux au chemin de fer de grande Ceinture, rue Brochand, 29.

Hirsch (Robert), inspecteur au chemin de fer du Nord, à Orchies (Nord)

Helson (Charles), ingénieur, rue Le Peletier, 31.

Helson (Cyriaque), constructeur de tubes en fer, à Hautmont (Nord).

Hély-d'Oissel (Paul-Frédéric), rue de Chaillot, 70.

Henderson (David-Marr), ingénieur en chef de douanes impériales chinoises, à Shang-Haï (Chine).

Henrich (Jules), rue de Flandre, 199.

Henri-Lepaute fils (Édouard-Léon), horloger, rue La Fayette, 6.

Henriet (Louis-Jean), ingénieur de la Compagnie des Docks de Saint-Ouen, rue de Chabrol, 28.

Henry (Jean-Edmond), rue du Poteau, 19.

Henry (Fernand), 9, rue Bergère.

Henry (René-Pierre-Jules-Marie), à Aron (Mayenne).

Herbet (Auguste), ingénieur aux forges de Tamaris, près Alais, rue de Vaugirard, 313.

Hermary (Hippolyte-Albert-Joseph), agriculteur, à Moulle, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).

Herpin (Louis), ingénieur des travaux neufs, rue Dadier, 6 *bis*, à Valenciennes (Nord).

Herpin (Henri-Félix), directeur de l'usine métallurgique de MM. Cristoffle et Cie, chemin de la Gare, à Saint-Denis (Seine).

Herscher (Charles-Georges), ✱, constructeur, rue du Chemin-Vert, 42.

Herscher (Ernest), constructeur, rue du Chemin-Vert, 42.

Hersent (H.), rue de Naples, 4.

Hervey-Picard (Paul-Philippe), architecte, rue de Rome, 74.

Hervier (Alfred-Charles), place Voltaire, 2.

Herwegh (Horace), directeur de la Société française de cire minérale et pétrole, rue de Clichy, 56 *bis*.

Hignette (Jules), ✱, boulevard Voltaire, 162.

Hinstin (Napoléon), boulevard de Strasbourg, 15.

MM. Hittorf (Henri-Bonaventure), chaussée d'Ucèle, 34, à Bruxelles (Belgique).

Honoré (Frédéric), directeur des établissements de la Risle, boulevard Saint-Germain, 238.

Houbigant (Octave), boulevard Beaumarchais, 6.

Houel (Jules-Gervais-Auguste), avenue du Roi de Rome, 28.

Houlbrat (Abel), rue de Rome, 63.

Houlon (Amédée-Joseph), rue Bertin, 2, à Reims (Marne).

Hourier (Évariste), ✿, rue des Acacias, 20, aux Ternes.

Houssin (Jules-Clément), entrepreneur, à Marthon (Charente).

Hovine (Alfred), ✱, rue de Lyon, 61.

Hovine (Ernest), rue de Lyon, 61.

Huber (William), ✱ ✿, rue de Miroménil, 76.

Huber (Alcide-Louis-Joseph), ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).

Huber (Emile), ✱, à Sarreguemines (Lorraine).

Huet (Alfred), ✱, métallurgiste, rue de la Victoire, 46.

Huet (Paul-Jean), rue d'Hauteville, 36.

Hugon (Pierre), rue de Vaugirard, 165.

Huguenin (Jules), directeur des filatures et tissages de la maison Ritter et Rittmeyer, au Strazig, près Gorice, Illyrie (Autriche).

Huguet (Auguste-Adrien), directeur de la Compagnie des chemins de fer de Barbezieux à Châteauneuf, rue Laugier, 44.

Humbert (Edmond), directeur général de la Compagnie française de Tramways, avenue de Messine, 7.

Hunebelle aîné (Jules), O. ✱, entrepreneur de travaux publics, rue de Solférino, 2.

I J

MM. Ibran (Jérôme), directeur des forges et hauts fourneaux de Mières, province de Oviedo (Espagne).

Imbach (Philippe), chimiste chez MM. Kœchlin, Baumgartner et Cie, à Loerrach (Grand-Duché de Bade).

Imbert (Jean-Jules), ingénieur à la Compagnie du touage de Conflans à la mer, quai de Paris, 42, à Rouen (Seine-Inférieure).

Imbert (Agamemnon), constructeur, à Saint-Chamond (Loire).

Imbs (Alexis-Joseph-Albert), avenue de Wagram, 145.

MM. Jacques (Léon), ingénieur des ateliers de la Société Cockerill, à Seraing (Belgique).

MM. Jacques (Jean-Nicolas), ingénieur, chef de division à la Cie des Dombes, boulevard du Champ de Mars, 5, à Bourg (Ain).
Jagnaux (Raoul), boulevard Voltaire, 112.
Jalibert (Louis-Ferdinand), rue Daru, 15.
Janicki (Stanislas), ✱ ✱ ✱ ✠ ✱, directeur de la Société de touage sur la Moskowa, à Moscou (Russie).
Jantot (Jacques-Édouard), de la maison Flécheux père et fils et Jantot, constructeurs, rue des Arts, 2, à Rouen (Seine-Inférieure).
Janzé (de) (Maxime), rue d'Amsterdam, 27.
Japy (Jules-Auguste-Wilhem), manufacturier, à Beaucourt (Haut-Rhin).
Jaubert (Léon), 76, rue du Chemin-Vert.
Jauge (Amédée), rue des Batignolles, 7.
Jaunet (Léon), rue Pajol, 10.
Javal (Ernest), ingénieur des mines, rue de Téhéran, 13.
Jeanson (Charles-Marie-Auguste), rue de Seine, 69.
Jequier (Henri-Jean), rue Denfert-Rochereau, 41.
Joannis (de) (Léon), ✱, chez MM. Ybarra, de Bilbao (Espagne).
Jolly (César), ✱, constructeur à Argenteuil (Seine-et-Oise).
Joly (de) (Théodore), boulevard Saint-Germain, 225 *bis*.
Joly (Charles-Victor), ingénieur de la Société métallurgique de l'Ariège, à Saint-Antoine, près Foix (Ariège).
Jomier (Jean-Henri), boulevard Saint-Germain, 84.
Jones (Hodgson), à la direction de l'Établissement des Eaux, rue du Bloc, 24, à Arras (Pas-de-Calais).
Jonte (Émile-Frédéric), ✱, directeur des forges de Franche-Comté, avenue Daumesnil, 116.
Jordan (Samson), O. ✱ ✠, professeur de métallurgie à l'École centrale, boulevard Malesherbes, 122.
Joret (J.-Eugène-Edmond), directeur de la stéarinerie de la Comète, rue de la Briche, à Saint-Denis.
Joubert (Léon-Philippe), rue Pigalle, 46.
Jouffret (Maximin), à Bourg (Ain).
Jourdain (Maurice-Frédéric), ✱, boulevard Haussmann, 56.
Jourdan (Émile-François), rue d'Arzew, 56, à Oran (Algérie).
Jousselin (Paul), ✱, quai du Marché-Neuf, 4.
Jouvet (Ernest), boulevard Voltaire, 47.
Joyant (Charles-Paul-Abel), ✱ O. ✱, rue La Bruyère, 19.
Juanmartinena (de) (José), à Renteria, province de Guipuzcoa (Espagne).
Jubécourt (de) (Alexandre-Félix), à Digoin (Saône-et-Loire).
Jubecourt (de) (Barthélemy), directeur de la fabrique de faïence et porcelaine, à Vaudrevange, par Sarrelouis (Prusse rhénane).
Jubert (Paul-Jacques), rue d'Aumale, 10.
Jullin (Aimé), faubourg Saint-Denis, 146.

MM. Julliot (Henri-Albert), rue des Lions-Saint-Paul, 5.
Junien (Marius), rue Nadizdinkia, 12, à Odessa (Russie).
Jury (Joseph), à Istres (Bouches-du-Rhône).
Jury (Antoine), ingénieur au chemin de fer d'Angoulême à Marmande, à Bergerac (Dordogne).

K

MM. Kern (Émile-Jean-Rodolphe), rue Gérando, 13.
Kislanski (Wladislas), ✠ ✠ ✠, directeur gérant de la Société industrielle pour l'exploitation des ateliers de construction, à Varsovie (Pologne).
Knab (Louis), directeur des hauts fourneaux, à Redon (Ille-et-Vilaine).
Knight (Jean-François), Société de construction des Batignolles, avenue du Trocadéro, 176.
Koch (Louis-Adolphe), ingénieur des ponts et chaussées, à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).
Komarnicki (Sigismond), ingénieur principal du matériel et de la traction aux chemins de fer de la Theisslahn, Marie-Valérie-Gasse, 1, à Pesth (Hongrie).
Kossuth (Louis-Théodore), chef du service du matériel et de la traction du chemin de fer de la Haute-Italie, à Turin (Italie).
Kowalski (Alfred-Marie), chef du service central au chemin de fer de Bone à Guelma (Algérie), rue Perdonnet, 13.
Kraft (Jean), ✠, ingénieur en chef du service des machines à la Société Cockerill, à Seraing (Belgique).
Kreglinger, 36, rue Marie de Bourgogne, à Bruxelles (Belgique).
Kronenberg (Ladislas), à Varsovie (Pologne).
Krémer (Philippe), constructeur, rue de Bourgogne, 50.
Krupp (Alfred), O. ✠ C. ✠ ✠ ✠ ✠ ✠, à Essen (Prusse).

L

MM. Laborde (Auguste-Jules), à la sucrerie de Montdidier (Somme).
Laborie (de) (Alexandre), ✠ ✠, boulevard de Sébastopol, 27.
Laboriette (de) (Exbrayat-Jules-Aimé), boulevard Saint-Germain, 194.
Laboulaye (Charles), ✠, rue de Madame, 60.
Labouverie (Prosper), à Bouillon, province de Luxembourg (Belgique).

MM. Lacretelle (Claude-Étienne), à Bois d'Oingts (Rhône).
Lacroix (Antoine), chimiste à la manufacture des glaces, à Hautmont (Nord).
Lacroze (Jules), rue de la Chaussée d'Antin, 8.
Laferrère (Jean), ingénieur aux chemins de fer du Sud-Est, rue des Archers, 1, à Lyon (Rhône).
Lafon (Adrien), à Cuq-Toulza (Tarn).
Laforestrie (Joseph-Marie-Léon), ingénieur du gouvernement haïtien, à Port-au-Prince (Haïti), rue de la Victoire, 68.
Lagard (Léopold-Léonce), à Serravezza (Italie).
Lagarde (Nicolas-Pierre-Louis-Napoléon-Alphonse), avenue de Wagram, 79.
Lainé (Armand), fondeur, rue du Faubourg du Temple, 59.
Lainé (Édouard-Louis-Armand), fondeur, rue Oberkampf, 151.
Laligant (Paul), fabricant de papiers, à Maresquel, par Campagne-lès-Hesdin (Pas-de-Calais).
Lalo, rue Saint-André des Arts, 45.
Lambert (Léon-Arthus), fabricant de sucre, à Toury (Eure-et-Loir).
Lambert (Henri-Augustin-Alphonse), chef de section au chemin de fer de la Beira, Alta, à Mortagua (Portugal).
Laming (Joseph-Mowbray), ✱, rue du Cherche-Midi, 64.
Lancel (Augustin-Jules), ingénieur de la voie, à Tergnier (Aisne).
Landry (Louis-Pierre), boulevard Contrescarpe, 32 *bis*.
Langlois (Auguste), rue de Rome, 60.
Langlois (Charles), rue Caumartin, 12.
Langlois (Ernest-Hippolyte), directeur gérant de l'Institut d'arts et métiers, à Fermo (Italie).
Lanier (Georges-Gabriel), boulevard de Strasbourg, 42.
Lantin (Maurice), filateur, rue Bergère, 30.
Lantrac (Eug.-Adolphe), ✱, avenue Joséphine, 39.
Laprade (Xavier), au Creuzot (Saône-et-Loire).
Lara Ordonez (de) (Alfred), à Marchienne-au-Pont (Belgique).
Larochette (de) (Jérôme), ✱, associé gérant de la Compagnie des hauts fourneaux et fonderies de Givors, cours du Midi, 11, à Lyon (Rhône).
Larrue (Louis), rue du Cirque, 7.
Larsen (Georges-Daniel), Office Tramways, 7, Paultrey, Londres (E. C.) (Angleterre).
Lartigue (Henri), Grande-Rue de La Tour, 60, à Passy.
Lartigue (Charles), O. ✱, à Madrid (Espagne).
La Salle (Auguste), à Kriens, près Lucerne (Suisse).
Lasseron (Charles), rue Franklin, 25.
Lasson (Alphonse), faubourg Saint-Martin, 12.
Lathuillière (Jean-Claude), constructeur, avenue du Maine, 171.
Lathoud (Paul-Jean-Marie), au Bourget du Lac (Savoie).

MM. Latour (Jacques-Henri-René), boulevard Magenta, 136.
Laubret (Marius-Victor), avenue de Tourville, 25.
Launoy (Louis-Ernest), rue du Canal-Saint-Martin, 18 et 22.
Laurens (Camille), ✱, rue Taitbout, 82.
Laurent (Lambert), rue d'Alger, 7, au Mans (Sarthe).
Laurent (Albert-Pierre-Laurent), chef des ateliers du chemin de fer du Midi, rue de la Gare Saint-Jean, à Bordeaux (Gironde).
La Vallée (de) Poussin (Oscar-Gustave), ingénieur en chef de la Compagnie des Eaux, place Vendôme, 16.
Lavalley, O. ✱ C. ✠, rue Murillo, 18.
Laveissière (Émile-Jean), ✱, rue de la Verrerie, 58.
Lavezzari (Émile), ✱, rue Boursault, 1.
Lebargy, ingénieur de la voie, à Amiens (Somme).
Lebel (Gaston-Jules), directeur de la tuilerie de Montchanin-les-Mines (Saône-et-Loire).
Leblanc (Félix), ✱, professeur à l'École centrale, vérificateur du gaz de la ville de Paris, rue de la Vieille-Estrapade, 9.
Le Blond (Camille), chef de bureau des Études des chemins de fer de la Beira Alta, Santa Combadaô, Lisbonne (Portugal).
Lebon (Eugène), ✱ C. ✠, rue Drouot, 15.
Le Brun (Louis-Gabriel), constructeur-mécanicien, à Creil (Oise) et à Paris, rue de Belzunce, 6.
Le Brun (Raymond-Louis), ✠, ingénieur en chef du chemin de fer et du port, Saint-Denis (Réunion).
Lecellier (Charles-Victor), rue de Trévise, 44.
Lecherf, ingénieur au chemin de fer, à Etterbeck (Belgique).
Léclanché (Georges), fabricant d'appareils télégraphiques, rue de Laval, 9.
Le Cler (Achille), ✱, directeur de la Société des polders de Bouin (Vendée), rue Bonaparte, 47.
Leclerc (Émile), ✱, rue Lemercier, 32, aux Batignolles.
Lecœuvre (Paul), ✱ ✱ ✱ ✠, boulevard Voltaire, 62.
Lecocq (Jean-Félix-Édouard), chef de bureau du service technique à la Cie du Midi (Direction), rue de Rome, 127.
Lecointe (Gustave-Eugène-Alphonse), à Aumont (Lozère).
Lecorbeiller (Georges-G.), rue de Stockholm, 4.
Le Cordier (Léon), ingénieur administrateur délégué de la Société des tramways dallés et voitures à vapeur, rue Pergolèse, 48.
Lecouteux (Nicolas-Hippolyte), rue Oberkampf, 74.
Ledeuil (Stéphane), constructeur, rue Mechain, 13.
Lefrançois (Eugène), rue Boissière, 19.
Legat (Mathurin-Désiré), rue de Châlons, 42.
Legavrian (Paul-Floride), boulevard de la Liberté, 133, à Lille (Nord).
Léger (Jean-Pierre-Alfred), rue Boissac, 9, à Lyon (Rhône).

MM. Le Granché (Gustave-Marie), rue de Maubeuge, 1.

Legrand (Charles), ingénieur en chef de la Société des chemins de fer de l'État belge, rue de Locht, 103, à Bruxelles (Belgique).

Legris (Édouard), constructeur de machines, à Maromme (Seine-Inférieure).

Lejeune (Charles-Émile), ✱, directeur de l'exploitation au chemin de fer d'Orléans à Châlons, rue de Turin, 33.

Le Laurin (Jules), rue d'Assas, 11.

Lelorrain (Karl), directeur de la fabrique de caoutchouc de MM. Guibal et Cie, rue Nationale, 35, à Ivry-sur-Seine.

Leloup (Joseph-Benoît), fabricant de sucre, à Arras (Pas-de-Calais).

Leloutre (Georges), avenue des Gobelins, 33.

Lemaréchal (Dieudonné-Jules), lamineur de métaux, rue Chapon, 3.

Lemasson (Cyrille), O. ✱, ingénieur en chef de la Compagnie du canal de Suez, à Ismaïlia (Égypte).

Lemoine (Louis), boulevard du Temple, 54.

Lemoine (Émile-Michel), rue du Cherche-Midi, 55.

Lemoinne (Lucien), ✱, directeur de l'Asile national de Vincennes, à Saint-Maurice (Seine).

Lemonnier (Paul), aux forges de Terre-Noire (Loire).

Lemonnier (Paul-Hippolyte), avenue de Suffren, 26.

Lencauchez, boulevard Magenta, 156.

Leneveu (Ernest), chaussée Madeleine, 41, à Nantes (Loire-Inférieure).

Lenicque (Henri), ingénieur directeur de la fabrique de matières colorantes, rue du Pont, 11, à Suresnes (Seine).

Le Page (Adrien-Frédéric), chef de l'exploitation du chemin de fer de Bone à Guelma, à Bone (Algérie).

Lepany (Georges), rue Vivienne, 3.

Lepeudry (Paul-Noël), rue Fontaine-Saint-Georges, 34.

Leprince (Alexandre), ingénieur hydraulicien, rue des Trois-Rois, 19, à Mulhouse (Alsace).

Leprince-Ringuet (Paul-Émile), rue La Fayette, 118.

Lequeux (Paul-Victor-Pierre-Louis), rue d'Assas, 24.

Leroide (Georges-Louis), quai de Gèvres, 6.

Le Roy (Amable), ✱, faubourg Saint-Denis, 157.

Le Roy Desclosages (Raoul-Charles), à Champigny-sur-Marne (Seine).

Lesauvage (Jean-Baptiste), allée de la Chapelle, à Arcachon (Gironde).

Lescasse (Jules), architecte, ingénieur des constructions civiles à Nagata Tcho ïtchomé, n° 12, à Tokio (Japon).

Leseur (Léon-Henri), à Sommières (Gard).

MM. Lesueur (Georges), entrepreneur de travaux publics, à Philippeville (Algérie).

Lespermont (Louis-Joseph-Amédée), boulevard de Sébastopol, 9.

Letellier (Antoine-Émile), rue Saint-Vincent de Paul, 7.

Letestu, fabricant de pompes, rue du Temple, 116.

Létrange (Léon), fondeur, lamineur et maître de forges, rue des Vieilles-Haudriettes, 1.

Leullier (Louis-Bernard-Honoré), architecte de la ville d'Amiens (Somme).

Levassor (Émile-Constant), chez MM. Périn et Cie, avenue d'Ivry, 19.

Level (Émile), ✱, boulevard Pereire, 100.

Lévêque (Alfred-Emmanuel-Louis), ingénieur, chez M. Henri Clément, cours Lieutaud, 77, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Lévi-Alvarès (Albert), O. ✱ C. ✱, rue de Lisbonne, 20.

Leygue (Léon), ingénieur au chemin de fer de Clermont à Tulle, à Ussel (Corrèze).

Lhomme (Paul-Émile), directeur des usines de Marquise (Pas-de-Calais).

Liébaut (Arthur), ✱, route d'Aubervilliers, 50, à Pantin.

Lignières-Lenfumé (de) (Jules-Adolphe), à Trilbordou, par Esbly (Seine-et-Marne).

Limet (Hippolyte), ✱, fabricant de limes, à Cosne (Nièvre).

Ling (Christian), rue de l'Université, 159.

Lippmann (Édouard), entrepreneur de sondages, rue de Chabrol, 51.

Litschfousse (Léon), ✱ ✱, calle de las Hiléras, 17, à Madrid (Espagne).

L'Lamas (Emmanuel-Joseph-Eugène), rue Monsieur le Prince, 2.

Llatas-y-Riera (Rosendo), ingénieur sous-chef du chemin de fer de Saragosse à Pampelune et Barcelone, calle de Aragon, 332-30, à Barcelone (Espagne).

Lockert (Louis-Victor), O. ✱, rue Oberkampf, 35.

Loiseau (Adolphe), rue Rivay, 34, à Levallois (Seine).

Loiseau (Désiré), raffineur, rue de l'Ourcq, 57.

Lombard-Gérin (Pierre-Barthélemy-Louis), rue de l'Arbre-Sec, 18, à Lyon (Rhône).

Londen (H Jalmar), à Helsingfors en Finlande.

Longraire (Léopold-François), ✱ ✱, à Tulle (Corrèze).

Lopez-Bustamente (Francisco), G. ✱, ingénieur en chef de la construction du chemin de fer de Mérida à Séville, rue Fabiola, 26, à Séville (Espagne).

Loreau (Alfred-Isidore), constructeur, à Briare (Loiret).

Loriol (de) (Louis), rue Centrale, 46, à Lyon (Rhône).

Lotz-Brissonneau (Alphonse-François), constructeur à Nantes (Loire-Inférieure).

MM. Loustau (Gustave), ✱ ✱ ✠ ✱, rue des Béguines, 4, à Crépy en Valois (Oise).
Love (Georges-Henri), ✱, avenue de Villiers, 69.
Love (Henry), au Creuzot (Saône-et-Loire).
Lowe (John-Edgar), 2, Laurence Pountney hill Londres E. C. (Angleterre).
Lucas (Charles-Louis-Achille), boulevard Denain, 8.

M

MM. Macherez (Alfred), rue de Grenelle-Saint-Germain, 172.
Madelaine (Édouard), à Saintes (Charente-Inférieure).
Maegherman (Anatole-Victor), directeur général des chemins de fer Andalous, station de Malaga (Espagne).
Maillard (Jules), à Falisolles, par Tamines (Belgique).
Maire (Armand), rue de la Bienfaisance, 10.
Maisonneuve (Émilien-François), inspecteur de l'exploitation des chemins de fer de l'État, rue Gresset, 6, à Nantes (Loire-Inférieure.)
Maldant (Eugène-Charles), installation de travaux pour gaz et eaux, rue d'Armaillé, 21 et 23, aux Ternes.
Mallet (Anatole), rue de La Rochefoucauld, 30.
Mallet (Paul-Alfred), boulevard de la Villette, 54.
Mallié (Jules), avenue des Amandiers, 7.
Malo (Léon), ✱, directeur des mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
Manby (Charles), ✱ C. ✱ ✱ ✠, 9, Victoria Chambers, Westminster S. W. Londres (Angleterre).
Manès (Julien), directeur de l'École supérieure de Commerce de Bordeaux, rue Judaïque, 2, à Bordeaux (Gironde).
Mangini (Félix), rue des Archers, 1, à Lyon (Rhône).
Mangini (Lucien), rue des Archers, 1, à Lyon (Rhône).
Manoury (Henri-Armand-Joseph), rue La Fayette, 85.
Mantegazza (Saül), Via Gesu, 15, à Milan (Italie).
Marchal (Victor), rue du Cherche-Midi, 108 *bis*.
Marché (Eugène-Ernest), ✱ C. ✱, rue Blanche, 53.
Marco Martinez (Agapito), C. ✠ ✱ ✱, ingénieur du contrôle de l'État près du chemin de fer du Nord de l'Espagne, Libertad, 29, à Valladolid (Espagne).
Mardelet (Charles), faubourg Saint-Denis, 160.
Maréchal (Alfred), rue de Turin, 14.
Maréchaux, fils (Marie-Antoine-Arthur), à Montmorillon (Vienne).

MM. Marès (Pierre-Louis-Henri), ✱, agriculteur, à Montpellier (Hérault).
Marin (Paul) filateur, à Bühl, près Guebwiller (Alsace).
Marindaz (Jules-Charles), rue Moncey, 2.
Marland (Joseph), à Aubenas (Ardèche).
Marle (Paul), à Montceau les Mines (Saône-et-Loire).
Maroquin (Alfred), à Couillet (Belgique).
Marsaux (Anatole-Victor), rue Taitbout, 80.
Marsillon (Jean), ✱, ingénieur principal, à Vesoul (Haute-Saône).
Marsillon (Léon), boulevard Haussmann, 80.
Martenot, ✱, à Ancy le Franc (Yonne).
Martin (Charles), directeur d'une fabrique de produits pharmaceutiques, avenue Victoria, 24.
Martin (Louis), ✱, ingénieur en chef du chemin de fer de Vincennes, boulevard Beaumarchais, 54.
Martin (Charles-William), avenue de la Reine-Hortense, 13.
Martin (Eugène-Arsène), rue de Condé, 44, à Valenciennes (Nord).
Massé (Alexandre), rue de la Feuillade, 3.
Masselin (Armand), rue de Vaugirard, 372.
Massicard (Émile-Alexandre-Joseph), rue des Dames, 41.
Masson (Georges), impasse de l'Astrolabe, 11, à Vaugirard.
Masure (Gustave), directeur de la Société de construction de chemins de fer, rue du Nord, 56, à Bruxelles (Belgique).
Mathias (Félix), O. ✱ O. ✱ ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.
Mathias (Ferdinand), ✱ ✱, à Lille (Nord).
Mathieu (Henry), O. ✱, rue Las-Cases, 26.
Mathieu (Ferdinand), O. ✱, rue de Provence, 56.
Mathieu (Maurice), inspecteur de la traction des chemins de fer du Nord de l'Espagne, à Zaragoza (Espagne).
Matthiessen (James-Adolphe), rue Corvisart, 14.
Mauget (Jean-Aristide), ✱, à Vimont (Calvados).
Mauguin (Pierre-Étienne), rue Taitbout, 80.
Maure (Edmond), avenue Percier, 10.
Maury (Arthur-Nicolas), hôtel de la Poste, à Airolo, canton du Tessin (Suisse).
Maus (Georges), chaussée de Warre, 79, à Bruxelles (Belgique).
Maxwell Lyte (Farnham), 6, cité de Retiro, faubourg St-Honoré.
Mayer (Ernest), O. ✱, rue Moncey, 9.
Mazurkiewicz (Ladislas-Casimir), rue Choiseul, 15.
Mehrmann (Auguste-Albert), chef des ateliers de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, rue Pajol, 22.
Meiner (Charles-Louis), maître de forges, à l'Isle-sur-le-Doubs (Doubs).
Mékarski (Louis), rue du Havre, 6.
Mélin (Jules-Léon), rue Louvois, 6.

MM. MÉLITON (Martin), ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Nord-Ouest, calle del Avenal, 20, à Madrid (Espagne).
MÉNAGER (Eug.-Benj.-Antoine), rue Singer, 10, Passy.
MENCIÈRE (Jean-Baptiste), à Coutras (Gironde).
MENDIOLA (Ignace), rue Scribe, 7.
MENSIER (Alphonse-Eugène à la gare de l'Est, rue de Strasbourg.
MÉRAUX (Gustave-Louis), rue de Chabrol, 36.
MERCIER (Auguste), chimiste de la Compagnie du chemin de fer de Lyon, à la gare de Paris, boulevard Mazas.
MERCIER (Théophile-Auguste), sous-ingénieur de la voie au chemin de fer du Nord de l'Espagne, Claudio Coello, 2, à Madrid (Espagne).
MERCIER (Louis-Gustave), n° 9, Volksgartenstrasse, à Vienne (Autriche).
MERKL (de) (Jean), aux Usines de Witkowitz, en Moravie (Autriche).
MESDACH (Louis-Charles-Marie), ✠ C. ✠ ✠ ✠, rue de Rivoli, 240.
MESMER, ✠, à Graffenstaden (Alsace).
MESNARD (Auguste), ingénieur des ateliers de la maison Cail, rue de l'Université, 183.
MÉTIVIER (Raymond), architecte en chef du département du Gers, à Auch (Gers).
MEYER (Adolphe), avenue d'Essling, 18.
MEYER (Henri), rue de la Verrerie, 58.
MIANNE (Gabriel-Antoine), chef de division au chemin de la Cluse à Bellegarde, à Saint-Germain de Joux par Bellegarde (Ain).
MICHAUD (Edmond), fabricant de savons, rue de Pantin, 48, à Aubervilliers (Seine).
MICHAUD (Jules), rue d'Assas, 96.
MICHEL (Alphonse), rue des Jacobins, 17, à Beauvais (Oise).
MICHELET (Émile), fabricant de plâtre, quai Jemmapes, 168.
MIGNON, ✠, constructeur, boulevard Voltaire, 137.
MIGNOT (Georges), rue Saint-Maur, 74.
MILLET (Félix-Théodore), à Persan (Seine-et-Oise).
MILLET (Jules-Auguste-François), gérant de la sucrerie à Masnières (Nord).
MIRECKI (Antoine-Slavomir), boulevard Magenta, 150.
MITCHELL (William), ✠ ✠ ✠, rue Guichard, 3 (Passy).
MOERATH (Jean-Népomucène), ✠, ingénieur, via Babuino, 68, à Rome (Italie).
MOHR (Frédéric-Christian-Michael), avenue Trudaine, 27.
MOISANT (Armand), ✠, constructeur, boulevard de Vaugirard, 20.
MOLIN (de) (Georges-Henri), avenue de Belle-Roche, 1, à Lausanne (Suisse).
MOLINOS (Léon-Isidore), ✠, rue de Châteaudun, 2.

MM. Moll (Henri), route de Toulouse, 144, à Bordeaux (Gironde).
Mollard, rue de l'Écluse, 17.
Mollet-Fontaine (Joseph-Charles-Firmin), constructeur, à la Madeleine-lez-Lille (Nord).
Monard (Charles), rue Perdonnet, 12.
Monbro (Georges), représentant d'usines anglaises, rue Louis le Grand, 11.
Moncharmont (Paul), inspecteur du matériel des voies au chemin de fer du Nord, rue Lafayette, 149.
Mondollot (Auguste-Adrien), ingénieur-constructeur, 72, rue du Château d'Eau.
Monfray (Albert), filateur, à Deville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
Monin (Charles), attaché de la maison Rouffet, constructeur, rue Saint-Ambroise, 33.
Monnier (Démétrius), rue Pigalle,57.
Monnot (Paul-Charles), rue Saint-Placide, 60.
Montandon (Henry-Léon), rue d'Amsterdam, 71.
Montel (François), ingénieur aux usines de Fourchambault, hôtel de l'Europe, à Lisbonne (Portugal).
Montouan (André), rue d'Auge, 46, à Caen (Calvados).
Mony (Stéphane), O. ✻, à Commentry (Allier).
Morandiere (Jules-Raoul), ingénieur des études du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue Notre-Dame des Champs, 27.
Moreau (Albert), rue de Seine, 6.
Moreau (Émile), rue de la Tour, 16, à Bordeaux (Gironde).
Moreau (Auguste-François-Xaxier), boulevard Voltaire, 113.
Moreau (Henri-Georges), constructeur, rue Chaudron, 24.
Moreaux (Félix) ✻ ✠ ✻ G. ✻ ✻ ✻, rue de Ponthieu, 1.
Morel (Frédéric-Henri), directeur du matériel naval de la Compagnie des bateaux à hélice du Nord, à Dunkerque (Nord).
Morelle (Albert-Adhémar), boulevard Magenta, 141.
Morice (Pierre-Marie), ✻, ingénieur du service de la voie, à Hazebrouck (Nord).
Mors (Louis), rue Saint-Martin, 4 *bis*.
Mouchelet (Émile), rue Clapeyron, 19.
Mulat (Pierre-Alexandre), ✻, aux Verreries de Fourmies (Nord).
Muller (Émile), O. ✻, professeur à l'École centrale, rue des Martyrs, 19.

N

MM. Nabielak (Séverin-Alfred-Louis), boulevard Voltaire, 145.
Nancy (Alfred), rue du Cheval-Blanc, 13, à Chartres (Eure-et-Loir).

MM. Naranzo de la Gazza (Henri), ingénieur des mines, à Linares, province de Jaen (Espagne).
Niaudet (Alfred), rue de Seine, 6.
Nillus (Albert-Emmanuel), rue de Rome, 71.
Nizet (Charles), rue de Rennes, 89.
Nobel (Alfred), avenue Malakoff, 53.
Noblot (Adolphe-Jean-Louis), filateur à Héricourt (Haute-Saône).
Noisette, ✻, rue des Poissonniers, 32, à la Chapelle.
Nordling (Wilhelm), ✻ ✻ ✻ G. O. ✻, à Vienne (Autriche).
Normand fils (Benjamin), ✻, constructeur, rue des Marettes, 119, à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
Normand (Jacques-Augustin), constructeur, 67, rue du Perrey, au Havre (Seine-Inférieure).
Nougaret (Jean-Joseph), rue Fossés-Saint-Georges, 30, à Tours (Indre-et-Loire).
Nousse (Ernest), à Cercanceaux, près Souppes (Seine-et-Marne).
Noyer (Alexandre), boulevard de la Gare, 41.

O

MM. Ogier (Louis), directeur de la fabrique de caoutchouc, Hutchinson et Cie, à Langlée, près Montargis (Loiret).
Olive (Joseph-Armand), rue Mosnier, 2.
Olivier (Marius-Arthur), boulevard Malesherbes, 97.
Ollivier (Achille), boulevard Beaumarchais, 51.
Oriolle (Paul), rue Crébillon, 2, à Nantes (Loire-Inférieure).
Orsat (Louis-Hengist), ✻ rue de la Victoire, 29.
Orsatti (Camille), O. ✻ ✻, rue Neuve des Petits Champs, 38.
Ory (Paul-Étienne), rue Rochechouart, 47.
Osmond (Floris), à Denain (Nord).
Oughterson (George-Blake), 2, Fairlaw-Villas-Grange-Road Ealing London, W. W.
Ozanne (Alexandre), ingénieur des travaux de l'État, à Condom (Gers).

P

MM. Pangyet, Woonmin-Mandalay, Upper Burmah, via Brindisi.
Palotte (Émile) fils, sénateur, rue Taitbout, 9.
Parent (Félix-Victor-Philippe), directeur des mines de Castille Barruelo, Palencia (Espagne).
Parent (Louis-Alexandre), avenue de Villiers, 86.
Parisse (Eugène), rue Fontaine-au-Roi, 49.

MM. Parlier (Jean-Louis-Édouard), rue de Châteaudun, 15, à Passy.
Pascal (Roch-Georges), sous-ingénieur de l'atelier central au chemin de fer du Nord, boulevard Ornano, 34.
Pascal (de) (Louis-Henri-Marie), rue de Lyon, 73, à Lyon (Rhône).
Pasquet-Chamier (Georges-Antoine), au chemin de fer d'Anvin vers Calais, 157, quai du Commerce, à Saint-Pierre les Calais (Pas-de-Calais).
Pasquier (Ferdinand-Philippe-Adolphe), 6, rue de la Banque, à Bruxelles (Belgique).
Pastor (Gustave), directeur des aciéries du Rhin à Ruhrors (Prusse-Rhénane).
Paul (Ernest), ingénieur en chef du matériel et de la traction aux chemins de fer Andalous à Malaga (Espagne).
Paul (Pierre-Étienne), 31, rue des Batignolles.
Paul-Dubos (Antoine), rue de Clichy, 67.
Paur (Henri), à Zurich (Suisse).
Payard (Charles-Émile), chimiste, à Baccarat (Meurthe).
Peignot (Gustave-Charles), fondeur en caractères, boulevard de Montrouge, 68.
Pélegrin (Henri-Auguste), à Bollène (Vaucluse).
Pélegry (Maurice), ingénieur, 40, place des Carmes, à Toulouse (Haute-Garonne).
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
Peny (Edmond-Philippe), à Mariemont (Belgique).
Pereire (Eugène), ✠ O. ✠ ✠, faubourg Saint-Honoré, 45.
Pereire (Émile) fils, rue Murillo, 8.
Pereire (Henri), rue de la Ville l'Évêque, 32.
Perret (Michel), administrateur de la Cie des Glaces et Produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à Tullins (Isère).
Pérignon (Eugène), O. ✠, faubourg Saint-Honoré, 105.
Périssé (Jean-Sylvain), rue Boursault, 59.
Périssin (Alexandre-Emmanuel), rue de Cormeille, 25, à Levallois-Perret (Seine).
Pernolet (Arthur), avenue de l'Opéra, 10.
Perrault (Auguste-Étienne), ✠, avenue des Princes, 10, parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine.
Pesaro (Jules), 29, rue Torino, à Milan (Italie).
Petiet (Marie-André), rue du Faubourg-Poissonnière, 110.
Petin, O. ✠, maître de forges, à Rive de Gier (Loire).
Petit (François-Pierre-G.), manufacturier à Louviers (Eure).
Petit (Emile-Charles), fabricant de papiers, rue des Minimes, à Roanne (Loire).
Petit (Germain-Félix-Amédée), rue La Fayette, 110.
Petit (Lucien), boulevard Contrescarpe, 32 *bis*.
Petitjean, rue de Bruxelles, 13.

MM. Petre, boulevard de Latour-Maubourg, 15.

Pettit (Marie-Gabriel-Édouard), chef de section principal, à Draguignan (Var).

Philippon (Marie-Antoine-Camille-Ernest), rue de Dunkerque, 21.

Piarron de Mondésir (Émile-Siméon), ✱, avenue de Neuilly, 173, à Neuilly-sur-Seine.

Picard (Firmin), ✱ C. ✱ ✠, entrepreneur de travaux publics, place Vendôme, 12.

Pichault (Stéphane), chef de section du matériel des chemins de fer de la Société de John Cockerill, quai de l'Espérance, 21, à Seraing (Belgique).

Pickering (Thomas-Richard), ✱, Portland Connecticut (États-Unis).

Pierre (Antoine), à Remiremont (Vosges).

Pierron, ✱, rue des Batignolles, 43, aux Batignolles.

Piet (Jules), appareils de chauffage et de ventilation, rue de Chabrol, 33.

Pifre (Marc-Abel), 24, rue d'Assas.

Pihet (Auguste) fils, ✱, constructeur de machines, rue Neuve-Popincourt, 8.

Pillichody (Arnault), constructeur, rue de Hambourg, 12.

Pinat (Anatole), ingénieur des hauts fourneaux et forges d'Allevard (Isère).

Pinart (Alfred), rue de Babylone, 10.

Piquet (Alfonse), C. ✱ C. ✱ ✠, 5, plaza de Isabel, à Madrid (Espagne).

Pirot (Léopold), 62, rue Saint-Josse-Tenoode de Verbœckhaven, à Bruxelles (Belgique).

Pischof (de) (Alfred), ingénieur de la Société de construction des Batignolles, à Souk-Arras, par Bone (Algérie).

Place (de) (Henri), directeur de la Compagnie des houillères de Rochebelle, à Alais (Gard).

Plainemaison (Édouard), C. ✱, ingénieur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, calle Mendizabal, 6, à Valladolid (Espagne).

Planche (Jules), ingénieur des acieries d'Imphy (Nièvre).

Plazanet (de) (Joseph-Antoine), ✱, fabricant de produits chimiques, rue Chapon, 5.

Plocq (Ernest), inspecteur chargé de l'exploitation des chemins de fer d'Achiet à Bapaume et de Boisleux à Marquion, place des États, 4, à Arras (Pas-de-Calais).

Poillon (Louis-Marie), constructeur de machines, boulevard Montparnasse, 158.

Poiret (Émile), au Mans (Sarthe).

Poliakoff (Lazare), ✠, 4, quai Anglais, à Saint-Pétersbourg (Russie).

MM. Pollet (Henri), à Alcanices, province de Zamora (Espagne).
Polonceau (Ernest-Gustave), ✱ O. ✱, directeur du matériel et de la traction de la Société autrichienne I.-R.-P. des chemins de fer de l'État, Schwarzenberg strasse, 17, à Vienne (Autriche).
Pompon (Henri), chef de service de l'entreprise générale de la construction de la ligne de Tours à Loches (Indre-et-Loire).
Poncelet (Antoine), ✱ G. O. ✱ C. O, rue Monsigny, 3.
Poncin (Frédéric), directeur de la Cie du gaz de Rouen (Seine-Inférieure).
Ponsard (Auguste), O. ✱, rue de Hambourg, 12.
Ponselle (Georges-Nicolas-Eugène), rue de Provence, 62.
Pontzen (Ernest), ✱ ✱, rue de Castellane, 4.
Porte (Napoléon-Cyprien), ingénieur de la Société des ciments de Valbounais, rue de Vaugirard, 28.
Possoz (Antoine), chimiste, rue du Dôme, 9.
Pothier (Francis), administrateur de plusieurs sociétés de Mines, rue de Penthièvre, 6.
Potier de la Berthelière (Louis-Alexandre-François), boulevard de Clichy, 76.
Pottier (Ferdinand), ✱, passage des Eaux, 4, à Passy.
Pouchet (James-Isaac), ✱ ✱ ✱, ingénieur de la maison Geneste et Herscher, boulevard Richard-Lenoir, 12.
Poupard, ingénieur à la compagnie de Fives-Lille, rue Pauquet, 21.
Pourcel (Alexandre), ingénieur des usines de Terre-Noire (Loire).
Powell (Thomas), constructeur-mécanicien, à Rouen (Seine-Inférieure).
Prilipp (Philippe-Louis), rue de Paris, 129, à Saint-Denis (Seine).
Prisse (Édouard-Louis), ✱, directeur du chemin de fer d'Anvers à Gand, à Saint-Nicolas (Belgique).
Prisse (Édouard-Pierre), à Saint-Nicolas (Belgique).
Privé (Georges), rue du Luxembourg, 14.
Prochaska (Jules), directeur des laminoirs de la Sudbahn, à Graz, Styrie (Autriche).
Pronnier (Charles), ✱ ✱, quai Voltaire, 23.
Prouteaux (René-Albert), ingénieur des forges de Semouse et directeur de la manufacture de Plombières (Vosges).
Prudon (Jean-Marie), directeur des ateliers de construction H. Joret et Cie, à Montataire (Oise).
Proveux (Alphonse-Louis), chef de la traction au chemin de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).
Prus (Georges), ingénieur de la Vieille-Montagne, au consulat de France, à Santander (Espagne).
Przewoski (Charles-Alexandre), à Longuyon (Meurthe-et-Moselle).
Puig y Llagostera (François), à Manille, îles Philippines (Espagne).
Pury (de) (Gustave), ✱, rue du Château, 16, à Neuchâtel (Suisse).

MM. Puylaroque (de) (Raymond), à la raffinerie du Havre, rue des Raffineries 5, au Havre (Seine-Inférieure).

Q

MM. Quéruel (Auguste), rue de la Charrière, 16.
Quesnot (Louis-Auguste-Émile), boulevard Mazas, 20.
Quillacq (de) (Louis-Eugène-Bernard), ✠, constructeur, à Anzin (Nord).

R

MM. Rabeuf (Ferdinand), rue de Maubeuge, 102.
Raffard (Nicolas-Jules), 16, rue Vivienne.
Rambaud (Émile-Jean-Marie), directeur des établissements Carel, frères, au Mans (Sarthe).
Ramaeckers (Charles-Henri-Bruno), ingénieur en chef des chemins de fer de l'État Belge, à Bruxelles (Belgique).
Rangès (Frédéric), ✠, ingénieur en chef adjoint au directeur de l'exploitation des chemins de fer du Midi, rue d'Aviau, 27, à Bordeaux (Gironde).
Raspail (Émile-Jules), chimiste, rue du Temple, 14.
Raulin (Gustave-Laurent), rue de Bellechasse, 33.
Ravasse (Eugène), place La Fayette, 112.
Redon (Martial), faubourg des Casseaux, 1, à Limoges (Haute-Vienne).
Régel (de) (Philippe-Constant), ✠, à Lutzelhausen (Alsace).
Regnard (Louis-Paul-Antoine), ✠, rue Béranger, 6.
Regnault (Jules), ✠, impasse d'Amsterdam, 4.
Regray (Barthélemy-Léon), ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Cie de l'Est, faubourg Poissonnière, 115.
Reinhardt (Louis-Paul), ✠ ✠, directeur du mouvement et du service commercial de la Société I.-R.-P.-A. des chemins de fer de l'État, 17, Schwarzenbergplatz, à Vienne (Autriche).
Remaury (Henry), ✠, passage Violet, 1.
Renard (François-Nicolas), rue du Bac, 122.
Renard (Lucien), ✠, directeur de la Compagnie chaufournière de l'Ouest, rue Saint-Lazare, 94.
Retz (de) (Marie-Charles-Jean), chef du service des hauts fourneaux des forges et acieries de Firminy (Loire).
Revin (Jules-Henri-Victor), à Buironfosse (Aisne).

MM. Revy (Jules-Jean-Hope), chef de la commission impériale des Açudes, à Cearia (Brésil).

Rey (Louis-Pierre-Félix), ✱, ingénieur chez M. Chevalier, constructeur de wagons, rue d'Auteuil, 52.

Reyjal (Gustave-Émile), rue Félix, 17, à Levallois-Perret.

Reymond (Francisque), ✱, entrepreneur, place de la Mairie, à Montbrison (Loire).

Reynaud (Charles), à Cette (Hérault).

Reynaud (Georges), associé de la maison Oudin Dubois, à Betheneville, par Pont-Faverger (Marne).

Ribail (Xavier), ✱, ingénieur de la traction au chemin de fer de l'Ouest, rue du Chemin de Fer, 35.

Ribera (Pedro), C. ✱ ✠ ✱, inspecteur principal du matériel roulant aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).

Ribourt (Léon-Eugène-Isidore), rue Le Peletier, 29.

Ricard (Paul), ingénieur à la Cie des Entrepôts et Magasins Généraux de Paris, 50, rue d'Angoulême.

Rich (Paul-Henri-J.), rue Denfert-Rochereau, 23.

Richard (Jean-Louis), ✱, rue Washington, 31.

Riche (Antoine-Joseph), directeur des forges et laminoirs de l'Alliance, à Charleroi (Belgique).

Richemond (Émile-Louis), ✱, rue Malesherbes, 38.

Richeski (Sigismond) (Rzyszczewski), administrateur de la banque d'Escompte, rue Nowezielna, 36, à Varsovie (Pologne).

Richou (Georges-René-Pierre), ✱, avenue Joséphine, 44.

Ridder (de) (Pierre-Octave), avenue du Coq, 6.

Rigollot (Ernest), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.

Robert (Jacques), à Bone (Algérie).

Robin (Albert), place d'Iéna, 3.

Rocaché (Louis-Jules), rue de la Roquette, passage Sainte-Marie, 12.

Rocour (Georges-Eugène-Théodore), rue Taitbout, 37.

Rognetta (François-Benoît), O. ✱ ✠ ✱, 1, via S. Filippo, à Turin (Italie).

Rogé (Xavier), maître de forges, à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).

Roger (Paul-Georges), faubourg Poissonnière, 168.

Rolin (Eugène), constructeur, à Braine le Comte (Belgique).

Rolin (François-Étienne), à Saint-Denis (Ile de la Réunion).

Romme (Alfred), ✱, à Saint-Quentin (Aisne).

Ronna (Antoine), O. ✱ ✠ ✱, secrétaire du Comité de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, boulevard des Italiens, 21.

Ronssin-Morel (Théodore-Victor), rue Saint-Antoine, 110.

MM. Roques (Adrien-Jacques), rue des Menuts, 5, à Bordeaux (Gironde).
Rosiés (Aristide), rue Clapier, 6, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Rouart, constructeur, ✱, boulevard Voltaire, 137.
Rouché (Albert), 20, rue Neuve des Capucines.
Rouget (Paul-Frédéric), directeur de l'usine à gaz de Brest, rue de Maubeuge, 18.
Rouit (Henry), ingénieur de la Compagnie du Médoc, rue de la Course, 7, à Bordeaux (Gironde).
Rousseau (Louis), directeur des ateliers de la Compagnie pour la construction de matériel de chemin de fer, rue Grétry, 25, à Bruxelles (Belgique).
Rousseau (Jules), Petite-Rue des Augustins, 2, à Amiens (Somme).
Roussel (Henri-Léon-Joseph), à Riom (Puy-de-Dôme).
Routkowski (Mielchislas-Joseph), Iwanovska, 15, à Saint-Pétersbourg (Russie).
Roux (Antoine-Marcelin-Edmond), rue Tronchet, 18.
Roy (Edmond), ✱, rue Cambon, 10.
Roze (Eugène), fabricant de toiles cirées, rue du Château d'Eau, 60.
Rozycki (Stanislas), au Creuzot, rue Montchanin, 11 (Saône-et-Loire).
Rubin (Arthur), rue de Douai, 3.
Rudler (Henri-Alexandre), boulevard du Midi, à Cahors (Lot).
Rummens (Jossé-Alphonse-Prosper), directeur des usines Nicaise et Deleuve, à la Louvière, Hainaut (Belgique).
Ruolz (de), O. ✱ G. O. ✱ C. ✱, inspecteur général des chemins de fer, rue du Canivet-Saint-Sulpice, 3.
Rycerski (Félix-Lucien-Antoine), à Konigshütte (Haute-Silésie, Allemagne).

S

MM. Sabon (Félix-Martin), rue Philippe de Girard, 88.
Sadoine (Eugène), O. ✱, directeur général de la Société John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Sage (Paul-Romain), quai de Javel, 3.
Saint-James (Charles), inspecteur de la voie au chemin de fer du Nord, à Tergnier (Aisne).
Salesse (Paul-Alphonse), ingénieur en chef de la traction à Périgueux (Dordogne).
Salin (Auguste-Jean), maître de forges, à Dammarie-sur-Sault (Meuse).
Salleron (Ernest), architecte, à Sens (Yonne).
Salomon (Louis-Antoine-Marie), rue Pajol, 22.

MM. Salomon (Georges), ✪, boulevard Malesherbes, 30.
Salvetat (Alphonse), ✱ ✠ ✱, chef des travaux chimiques, à la manufacture nationale de Sèvres (Seine-et-Oise).
Sandberg (Christer-Geter), ✱ ✵, 19, Great George street, Westminster, S. W., à Londres (Angleterre).
Sautereau (Gustave), rue Rochechouart, 56.
Sautter (Louis), ✱, constructeur de phares lenticulaires, avenue de Suffren, 26.
Sauvan-Deleuze (Louis), boulevard Beauséjour, 37, à Passy.
Savalle (Désiré), ✱, constructeur, avenue du Bois de Boulogne, 64.
Savy (Léopold), ingénieur, avenue de Villiers, 101.
Scellier (Henri), fondeur, à Voujaucourt, près Montbéliard (Doubs).
Schabaver (François), constructeur de machines, à Castres (Tarn).
Schaeck (Augustin-Clément), quai de Jemmapes, 84.
Scheidecker (Léon), à Lutzelhausen (Alsace).
Schaller (Joseph), ✱, rue Neuve des Mathurins, 50.
Schirmer (Eugène-Charles), à la manufacture de glaces de Manheim (Grand-Duché de Bade).
Schivre (Jean-Pierre), directeur des ateliers du Grand-Hornu, près Mons (Belgique).
Schivre (Gustave-Georges-Henri), directeur de la Société anonyme des ateliers de construction de Lens (Pas-de-Calais).
Schlincker (Michel-A.), maître de forges, à Creutzwald (Lorraine).
Schlumberger (Hartmann), N., à Guebwiller (Alsace).
Schmerber (Jean), à Tagolsheim, par Altkirch (Alsace).
Schmid (Albert), à Zurich (Suisse).
Schmidt (Maximilien-Frédéric), ✵, constructeur, Gisela strass, 6, à Vienne (Autriche).
Schmitz (Eloi-Nicolas), attaché au service des machines à la Compagnie du gaz, rue de Dunkerque, 24.
Schmoll (Adolphe), ✵, entrepreneur de travaux publics, 40, Wollzeile, I Bezirk, à Vienne (Autriche).
Schneider (Henri), ✱, directeur du Creuzot (Saône-et-Loire).
Schwab (Fernand), ingénieur à la Soudière-Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle).
Schwendner (Al.), rue Sainte-Catherine, 68, à Odessa (Russie).
Sédille (Paul), ✱, 28, boulevard Malesherbes.
Seebold (Lothaire-François), C. ✱ O. ✵ ✱ ✵, 3, calle Estrafa, à Bilbao (Espagne).
Seiler (Albert-Louis), rue Martel, 17.
Séguin (Augustin), place Bellecour, 5, à Lyon (Rhône).
Selle (de) (Albert-Marie), ✱, membre du Conseil général des Basses-Alpes, professeur de minéralogie et de géologie à l'École

centrale, Château de Fontienne, par Forcalquier (Basses-Alpes); à Paris, avenue de Villars, 5.

MM. Sepres (de) (Henri-Robert-Yves), 9, calle de Campomanes Tercero derecha, à Madrid (Espagne).

Sepulchre (Armand-Joseph), ingénieur, directeur des hauts fourneaux d'Aulnoye, à Aulnoye les Berlaimont (Nord).

Ser (Louis), ✱, rue Soufflot, 21.

Sérafon, ✱, boulevard de Clichy, 22.

Séraphin (Charles-André), constructeur, faubourg St.-Martin, 172.

Serguéeff (Nicolas), ✱, rue de Constantinople, 17.

Serment (Frédéric-Louis), rue de la Darse, 9, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Serot (Pierre-Augustin), à Vittel (Vosges).

Serres (de) Wieczffinski (Auguste), ✱ ✱, directeur de la construction de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, 16, Park Ring, à Vienne (Autriche).

Servier (Édouard), directeur de la Compagnie du gaz de Metz, rue Hippolite Lebas, 2.

Severac (Jacques-Paul), constructeur de matériel roulant pour chemins de fer, faubourg Poissonnière, 126.

Sevin (Cyrille-Anoulet), rue des Petits-Carreaux, 1.

Seyrig (Théophile), avenue de Wagram, 147.

Siéber, rue Trézel, 1, aux Batignolles.

Siemens (William), métallurgiste, rue Picot, 8

Simon (Édouard), rue Meslay, 32.

Simon (Henri), 7, Saint-Peters square, à Manchester (Angleterre).

Simon (Gustave), au Creuzot (Saône-et-Loire).

Simons (Paul), au Cateau (Nord).

Singly (de) (Paul), rue Philippe de Girard, 17.

Somasco (Charles), ingénieur de la maison Geneste et Hercher, à Creil (Oise).

Somzée (Léon-Henri-Mathieu), O. ✠ ✱, rue Royale, 217, à Bruxelles (Belgique).

Sonolet (Gustave-Auguste), cours d'Alsace-Lorraine, 7, à Bordeaux (Gironde).

Sorzano de Tejada (Julio-Federico), rue Belliard, 145, à Bruxelles (Belgique).

Soulié (Léon-Émile), avenue de Villiers, 96.

Soulié (Émile-Léon), boulevard Malesherbes, 60.

Soupey (Henry), rue de l'Université, 16.

Spée (Alphonse-Marie-Joseph), ✱, (Ixelles), rue de la Concorde, 23, à Bruxelles (Belgique).

Stapfer (Daniel), constructeur-mécanicien, boulevard de la Mayor, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Steens (Émile), rue de la Loi, 182, à Bruxelles (Belgique).

MM. Steinheil (Georges-Henri), rue Payenne, 13.
Stevenson-David, Northberon, Lighthouse Board, 84, George-street (Édinburgh).
Stilmant (Philippe-Louis-Aimé), constructeur de freins, rue de Rome, 129.
Stoclet (Victor), avenue Louise, 9, à Bruxelles (Belgique).
Studer (Henry), rue d'Anjou-Saint-Honoré, 27.
Suc (Étienne-Arsène), boulevard de la Villette, 50.
Sulzberger-Ziegler (Henry), constructions en bois, à Winterthur (Suisse).

T

MM. Tabary (Édouard), chef de section aux chemins de fer de l'État, à Chef-Boutonne (Deux-Sèvres).
Taillandier (François), chef de section au chemin de fer de Ciudad-Real à Badajoz, à Ciudad-Real (Espagne).
Taillard (Ernest), O. ✠ ✠ ✠, rue de Provence, 46.
Tarantini (Serafino), 13, via Carrozzieri, à Monteoliveto, à Naples (Italie).
Tardieu (Henri-Ernest), rue de Louvois, 10.
Tay (Joseph), calle del Duque de la Victoria, 10, à Barcelone (Espagne).
Teisset (Jules-Louis-Guillaume), chef du puddlage, au Creuzot (Saône-et-Loire).
Terrier (Paul-Jacques-Victor), administrateur-directeur de la Compagnie des travaux publics, rue de Provence, 56.
Tesse (Paul), rue de Maubeuge, 18.
Tétard (François), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.
Thauvin (Pierre-Jules), à Pise-Fontaine près Triel (Seine-et-Oise).
Theurkauff (Achille-Henri), boulevard du Palais, 11.
Thibaudet (James-Nicolas), à l'usine à gaz, à Arenc, banlieue de Marseille (Bouches-du-Rhône).
Thibault (Louis-Marie), fabricant de papiers, à Troyes (Aube).
Thirion (Antoine-Romain), constructeur-mécanicien, rue de Vaugirard, 147.
Thirion (Charles), ✠, boulevard Beaumarchais, 95.
Thomas (Jules-Émilien), boulevard Central, 17, à Bruxelles (Belgique).
Thomas (Pierre), directeur de la fabrique de caoutchouc de Blanzat, par Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
Thomas (Georges-Marie), rue Boissière, 60, à Passy.

MM. Thomas (Léon), fabricant de produits chimiques, quai de Javel, 83.

Thomas (Max), rue de Grenelle-Saint-Germain, 86.

Thomasset (Henri), ✱, 25, boulevard Montparnasse.

Thouin (Charles), ✱ ✱ ✱, ingénieur du mouvement au chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.

Thoyot (Joseph), ✱, rue de Chezy, 41 *ter*, à Neuilly.

Thurston (Robert), Hoboken, 280, Bloomfield street, New-Jersey (États-Unis d'Amérique).

Tiquet (Pierre-Maurice-Gustave), maître de forges, à Vesoul (Haute-Saône).

Tisseron (J.-P.-Léon), 30, rue du Cherche-Midi.

Tourgon (Joseph-Barthélémy), à Bagnols-sur-Ceze (Gard).

Tournadre de Noaillat (Lucien-H.-Amable), ✱, rue Gozlin, 31.

Tournelles (des) (Ferdinand-Arthur-Alexandre), 9, boulevard Montparnasse.

Trélat (Émile), O. ✱, rue Denfert-Rochereau, 17.

Trémeau (Alexandre-Henry-Auguste), aux forges de Bigny (Cher).

Tresca (Henri), O. ✱ ✱ ✱ ✱, sous-directeur au Conservatoire des Arts-et-Métiers, rue Saint-Martin, 292.

Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.

Tresca (Gustave-Jules), rue Saint-Martin, 292.

Tridon (Victor), 8, Humboldt-Strasse, à Dresde (Saxe).

Tritz (Paul), cité de l'Alma, 7.

Tronchon (Jean-Anatole), impasse Mairet, 6, à Meaux (Seine-et-Marne).

Turck (Michel), rue Bernouilli, 11.

Tweddell (Balph-Hart), 14, Delahay-street Westminster (Londres) S. W. (Angleterre).

U

MM. Ubags (Théophile), faubourg Saint-Honoré, 205.

Uhagon (de) (Pedro-Pascal), ingénieur des mines, calle de Saint-Bartolomé, 7, 9, 11, à Madrid (Espagne).

Ulens (Léon), rue du Trône, 8, à Bruxelles (Belgique).

Urbain (Victor), boulevard Beaumarchais, 30.

Urban (Maurice-Pierre), ingénieur en chef, directeur de la traction et du matériel du chemin de fer du Grand-Central Belge, rue de la Loi, 102, à Bruxelles (Belgique).

V

MM. Vaessen, (H.-J.), C. ✱ ✱, O. ✱, directeur général de la Société Saint-Léonard, à Liége (Belgique).

Vaillant (Alcide-François-Xavier), avenue de Villiers, 110.

Valensi (Raymond), avenue de l'Alma, 69.

Valentin (Léopold), ✱ ✱, rue Galilée, 6, à Bruxelles (Belgique).

Vallez (Alphonse), rue de Paris, 121, à Valenciennes (Nord).

Vallot (Henri-Guillaume-Marie), place des Perchamps, 2, à Auteuil.

Vallot (Charles-Marie-Émile), place des Perchamps, 2, à Auteuil.

Valton (Ferdinand), ✱, directeur de la Société des fers et aciers, rue de Londres, 44.

Vandel (Émile), maître de forges de la Ferrière-sous-Jougne (Doubs).

Vanden Berghe (Paul-Auguste), boulevard Voltaire, 42.

Vanderheym (Eugène-Napoléon), rue Taitbout, 80.

Vandesmet (Félix), rue Bizet, 5.

Varlet (Ernest-Joseph), directeur de la Société des Rapides du Rhône, quai Saint-Antoine, 32, à Lyon (Rhône).

Vasset (Louis), boulevard du Port, à Soisy (Seine-et-Oise).

Vauthier, place Breda, 13.

Vautier (Émile), administrateur de l'usine à gaz, quai Saint-Antoine, 30, à Lyon (Rhône).

Vauvillier (Laurent-Louis), ✱ ✱, ingénieur en chef du service de la voie aux chemins de fer Portugais, à Lisbonne (Portugal).

Vée (Léonce-Émile), ingénieur expert près les tribunaux, rue de Rome, 61.

Véga (Domingo), rue de Monceau, 72.

Vegni (Angelo), C. ✱ ✱ ✱, via San Nicolo, 131, à Florence (Italie).

Vellut (Félix-Léon-Célestin), ✱, directeur des ateliers de MM. Rolin et C^ie^, à Braine le Comte (Belgique).

Vène (Philippe), à Lapoularié, près Castres (Tarn).

Verdié fils (Jean-Eugène), administrateur délégué des forges et aciéries de Huta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne russe).

Vergnes (Paul-Eugène), chef de service de la construction de la ligne d'Angoulême à Limoges, avenue des Ternes, 51.

Vergnol (Joseph-Camille-Paul), ingénieur du chemin de fer de Busigny à Hirson, à la Capelle (Aisne).

Vérité (Auguste-Lucien), ✱, horloger, à Beauvais (Oise).

MM. VERNIER (Raoul), rue Pigalle, 5.

VERRIER (Charles-Joseph-Auguste), chef des chantiers et ateliers de Bacalan, rue de Lormon, 5, à Bordeaux (Gironde).

VERRINE (Louis-Justin), ingénieur du service municipal de la ville de Caen, place Saint-Martin, 14, à Caen (Calvados).

VESTRAET (Louis), rue des Carrières, 60, à Charenton le Pont (Seine).

VIAL (Charles), aux mines de Mercadal, près Torrelavega, province de Santander (Espagne).

VIEILLARD (Jules-André-Albert), ✱, fabricant de faïences et porcelaines, quai de Bacalan, 77, à Bordeaux (Gironde).

VIELLIARD (Léon-Jean), rue Lafayette, 211.

VIGAN (Eugène-Médéric), à l'usine à gaz, cours de Vincennes, 45.

VIGNEAU (Louis-Jules-Émile), rue Thoré, 3, au Mans (Sarthe).

VIGNIER (Pierre-Auguste), ✱, ingénieur de la voie au chemin de fer de l'Ouest, rue La Condamine, 98, à Batignolles.

VIGREUX (Léon), rue de Birague, 16.

VILLARD (Théodore), boulevard Malesherbes, 138.

VILLEMER (Armand), ingénieur adjoint à la direction du chemin de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).

VILLERMÉ (Gustave), directeur de la verrerie de Saint-Gorgon, à Anor (Nord).

VINCENT (Charles), filateur, à Senones (Vosges).

VINÇOTTE (Auguste-Henri), cité Trévise, 5.

VINIT (Pierre-Arsène), inspecteur du matériel au chemin de fer de Lyon, rue de Greffulhe, 9.

VIOLET (Albert-Léon), rue du Théâtre, 80 (à Grenelle).

VIOLET (Adolphe-Charles-Henri), ✱ ✱ ✱, directeur des usines de Belvoye, près Dôle (Jura).

VIOLETTE (Louis-Antoine), chez M. Joret et Cie, rue Taitbout, 80.

VIRON (Charles-Louis), chef de section au chemin de fer d'Orléans, à la gare de Tours (Indre-et-Loire).

VITALI (Philippe), entrepreneur, rue de l'Arcade, 4.

VIVIEN (Armand), chimiste, rue Sainte-Anne, 54, à Saint-Quentin (Aisne).

VLASTO (Ernest), rue Fontaine-Saint-Georges, 30.

VOJACEK (Ladislas), à Smichow (en Bohême).

VORUZ aîné, constructeur, ✱, à Nantes (Loire-Inférieure).

VUIGNER (Adrien), rue de Lille, 46.

VUIGNER (Henri-Louis), rue de l'Université, 30.

VUILLEMIN (Émile), ✱, directeur des Mines d'Aniches (Nord).

VUILLEMIN (Louis-Charles), ✱ O. ✱ ✠ ✱, ingénieur-conseil du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est, rue de Vigny, 1.

W

MM. Wahl, ✱, rue du Quatre-Septembre, 16.

Walker (William-Thomas), Lillesball, Bishopswood Road Highgate, à Londres (Angleterre).

Wallaert (Auguste), boulevard de la Liberté, 23, à Lille (Nord).

Walther-Meunier (Hermann-Philippe-Frédéric), rue de la Bourse, 6, à Mulhouse (Alsace).

Watson (William), 107, Malborough street, Boston U. S. A. (États-Unis).

Watteville (de) (Charles-Louis), rue de la Villette, 21.

Weibel (Jules-Henri), constructeur d'appareils de chauffage, Tranchées de Rive, rue de Malagnou, à Genève (Suisse).

Weil (Frédéric), O. ✱, chimiste expert, rue des Petites-Écuries, 13.

Wendel (de) (Paul-François-Henri), maître de forges, à Moyeuvre (Alsace-Lorraine).

West (Auguste-Émile), chef des travaux au laboratoire d'essais à la C^ie^ des chemins de fer de l'Ouest, rue Bonaparte, 13.

Weyher (Charles-Louis), ✱, constructeur de machines, route d'Aubervilliers, 50, à Pantin (Seine).

Whaley (Georges), ingénieur des ateliers des chemins de fer de l'Ouest, à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).

Willems (Joseph), rue du Progrès, 36, à Bruxelles (Belgique).

Wissocq (de) (Alfred), ingénieur de l'atelier central du chemin de fer du Nord, rue Flachat.

Woestyn (Alphonse-Sevin-Cornill), fabricant de sucre, boulevard Haussmann, 80.

Wohlguemuth, ingénieur du draguage du Port, calle del Paseo de Gracia, 3, Plaza de Cataluna, à Barcelone (Espagne).

Woods (Edward), 45, Osnlone-Gardens (Londres) S. W.

Woyciechowski (Lucien), chef de section principal des Travaux de l'État, rue du Commerce, 51, à Soissons (Aisne).

Wurgler (André), rue de Rome, 66.

X Y Z

M. Xavier (Jean), rue de Châteaudun, 35.

MM. Yvert (Léon), ingénieur expert, rue Joubert, 9.
Yvon-Villarceau (Antoine), ✻ ✠ ✻, membre de l'Institut, avenue de l'Observatoire, 18.

MM. Ziegler (Jean-Jacques), rue Rembrandt, 1.
Zimmer (Désiré-Alfred) rue Stevin, 11, à Bruxelles (Belgique).
Zschokke (Conradin), rue du Tunnel, à Valence (Drôme).

Membres Associés.

MM. Agache (Édouard), ✻, filateur, à Lille (Nord).
André (Nicolas-Oscar), constructeur de combles métalliques, rue Charles-Laffitte, 49, à Neuilly-sur-Seine.
Barbedienne, C. ✻, bronzes d'art, boulevard Poissonnière, 30.
Barbeyrac (de) (Gaston), rue de Provence, 62.
Baudin (Louis-Alphonse), secrétaire général de la Cie P.-L.-M., rue Saint-Lazare, 88.
Belin (Alphonse), distillerie Grandval, grande route d'Aix, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Bischoffsheim (Raphaël), banquier, rue de Grammont, 27.
Bizot (Emmanuel-Eugène), ✻, rue de la République, 7, à Lyon (Rhône).
Blanchet (Aristide-Paul), à Henrichemont (Cher).
Borrel-Fontany (Amédée-Philippe), horloger-mécanicien, rue Neuve des Petits Champs, 47.
Bougarel (Frédéric), garde-mine, rue de Dunkerque, 24.
Brichaut (Auguste), O. ✻ ✠ ✠ ✻, rue Saint-Paul, 9.
Chabrier (Fortuné), 36, rue Neuve-des-Mathurins.
Chaize (L.-El.), administrateur délégué de la Compagnie des Bateaux-Omnibus, route de Versailles, 125.
Chameroy (Edme-Augustin), rue d'Allemagne, 196.
Champonnois (Hugues), O. ✻, presses continues, rue Neuve des Petits Champs, 45.
Chateau, rue de Neuilly, 26, à Clichy (Seine).
Chavassieu (Jean-Baptiste), sénateur, rue de l'Université, 22.
Claudin (Henri), ✻, armurier, boulevard des Italiens, 38.
Collin (Armand), ✻, horloger, rue Montmartre, 118.
Courant (Albert-Bernard), filateur au Havre (Seine-Inférieure).
Coutant (Louis-Eugène), maître de forges, rue Nationale, à Ivry (Seine).
Coutelier (Edmond-Jules), fabricant d'ornements estampés, boulevard Richard-Lenoir, 74.
Deghilage (Alexandre-Louis), quai Voltaire, 25.

MM. Dehaynin (Camille), faubourg Saint-Martin, 12.
Deny (Louis), ✱, constructeur, rue Saint-Sabin, 58.
Desbouches (Arthur-François-Constantin), constructeur de voitures, avenue des Champs-Élysées, 40.
Dietz-Monnin (Charles-Frédéric), O. ✱, associé de MM. Japy frères, rue du Château d'Eau, 7.
Dorémieux (Ad.), maître de forges, rue Eugène-Delacroix, à Passy.
Doumerc (Auguste-Camille-Jean), rue de Copenhague, 10.
Dufay (Auguste), rue Neuve-Saint-Merri, 12.
Dulac (Louis-Simon), 74, rue des Boulets.
Du Lin (Jean-Marie-Joseph-Charles), ✱, président du conseil de la Compagnie générale de Transports parisiens, rue Bellechasse, 44.
Farcot (Augustin), à l'usine Joseph Farcot, avenue de la Gare, 15, à Saint-Ouen (Seine).
Fauquet (Octave), ✱, filateur, à Oissel (Seine-Inférieure).
Ferron (Alexandre), rue des Gravilliers, 11.
Foucart (Charles), rue Baudin, 24.
Franck (Maurice), directeur des salines de Dax, rue Baudin, 24.
Galland (Nicolas), O. ✱, avenue de Villiers, 104.
Garnier (Paul-Casimir), fabricant d'horlogerie, rue Taitbout, 16.
Géneste (Eugène), ✱ C. ✱ ✱, constructeur, rue du Chemin-Vert, 42.
Gérard (Gustave-Eugène), rue Condorcet, 70.
Gévelot (Jules), O. ✱, député de l'Orne, rue de Clichy, 10.
Giquel (Prosper), ✱, directeur de l'Arsenal, à Fou-Tchéou, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 27.
Giroud (Henri), fabricant de régulateurs, rue des Petits-Hôtels, 27.
Gissien (Gustave), fabricant de tissus-toiles, à Saleux les Amiens (Somme).
Gondolo (Émile), horloger, avenue de l'Opéra, 25.
Gueldry (Victor-Henri), gérant des établissements de la Compagnie des forges d'Audincourt, rue Amelot, 64.
Hermann-Lachapelle (Jules), constructeur, faubourg Poissonnière, 144.
Huard (Paul), à Tours (Indre-et-Loire).
Huguin (Étienne-Jean), rue de la Tour, 60, à Passy.
Hureau de Villeneuve (Abel), directeur du journal *l'Aéronaute*, rue Lafayette, 95.
Hurtu (Auguste), rue Saint-Maur-Popincourt, 54.
Jacquand (Antoine), fabricant de produits chimiques, quai de la Pêcherie, à Lyon (Rhône).
Jeantaud (Charles), carrossier, rue du Temple, 135.
Jullien (Alexandre), rue Sainte-Hélène, 8, à Lyon (Rhône).
Lavessière (Jules-Joseph), ✱, rue de la Verrerie, 58.

MM. Lebaudy (Jules), raffineur, rue de Flandre, 19.

Le Cyre (Alfred), avenue Trudaine, 11.

Lefebvre-Desurmont (Paul-Alfred), fabricant de vernis, rue de Douai, 103, à Lille (Nord).

Lemarchand (Edmond), à La Noulme (Seine-Inférieure).

Lemercier (le comte) (Anatole), O. ❋, président du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer des Charentes, rue de l'Université, 18.

Lemoine (Auguste), O. ✱ ❋, administrateur de la Société du Crédit mobilier, rue de la Pompe, 76.

Léon (Alexandre), armateur et maître de forges, cours du Chapeau-Rouge, 11, à Bordeaux (Gironde).

Lesseps (de) (Ferdinand), G. C. ❋ ✱ ✠, président du Conseil de la Compagnie universelle du canal de Suez, rue Saint-Florentin, 7.

Leverbe (Jean-Hilaire-Eugène), rue Pierre-Levée, 10.

Lissignol (Théodore), chef du service industriel de la Société générale, rue Neuve des Petits Champs, 77.

Luchaire (Léon-Henri-Victor), constructeur d'appareils pour phares, rue Érard, 27.

Martellière (de la) (Camille-Alfred), ❋, rue Béranger, 21.

Martin (Auguste-Maximilien), fabricant de verreries et d'émaux, avenue de Paris, 275, à Saint-Denis.

Mason (Théodore), ❋ ✱ ❋, B. M., officier de marine des États-Unis, 4 West, 34 Street, à New-York (Amérique).

Méeus (de) (Jules-Pierre-Louis-Félix), directeur du *Moniteur industriel,* boulevard d'Anspach, 46, à Bruxelles (Belgique), et rue de Maubeuge, 26.

Menier (Émile-Justin), O. ❋, député, avenue Van-Dyck, 5.

Menier (Henri), avenue Van-Dyck, 5.

Menier (Gaston), avenue Van-Dyck, 5.

Michelet (Hippolyte), O. ❋ ✱ ☆, lieutenant-colonel du génie, à Grenoble (Isère).

Moyse (Maurice), C. ❋ ✱, secrétaire général de la Compagnie des chemins de fer espagnols de Saragosse à Pampelune et Barcelone, boulevard Malesherbes, 72.

Mulot (Albert-Félix), entrepreneur de travaux publics, rue des Boulets, 43.

Muller (Alphonse), fondeur en cuivre, faubourg du Temple, 59.

Neveu (Étienne), rue Saint-Denis, 227.

Oeschger (Louis-Gabriel), ❋, marchand de métaux, rue Saint-Paul, 28.

Pelouze (Eugène-Philippe), ❋, membre du comité de la Compagnie parisienne du gaz, rue Condorcet, 62.

Penaud (Charles-Alphonse), rue Clapeyron, 15.

MM. Pereire (Isaac), O. ✱ ✱, président du Conseil d'administration de la Société autrichienne impériale et royale, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Piat (Albert-Charles), fondeur mécanicien, rue Saint-Maur, 85 et 87.

Pimentel (Joaquim-Goldino), rue du Roi, 16, à Anvers (Belgique).

Plichon (Édouard-Louis), fondeur en fer, rue du Chemin-Vert, 96.

Poirrier (Alcide-François), ✱, fabricant de produits chimiques, avenue de Messine, 10.

Polack (Ernest), administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, à Madrid (Espagne).

Renouard de Bussière (le baron Alfred), directeur de la Monnaie, rue de Berry, 18.

Reverchon (Honoré), directeur des forges d'Audincourt (Doubs).

Robert de Beauchamp (Louis-Évariste), C. ✱, rue de Rovigo, 7.

Robert (Jules), ✱ ✱, agriculteur à Seelowitz, Moravie (Autriche).

Robin (Théodore), rue François Ier, 1.

Rondeau (Henri), rue de Crosne, 20, à Rouen (Seine-Inférieure).

Simon (Louis-Hyacinthe), ✱, maître de forges, à Ars-sur-Moselle (Lorraine).

Soleillet (Paul-Marie-Michel), ✱, rue Monjardin, 8, à Nîmes (Gard).

Sommier (Alfred), rue de Ponthieu, 57.

Viguerie (Ernest), au château de L'Espinet-Saint-Ague, banlieue de Toulouse (Haute-Garonne).

Wyse (Louis-Lucien-Napoléon-Bonaparte), ✱, lieutenant de vaisseau, boulevard Malesherbes, 117.

Zbyszowski (Ladislas), rue Saint-Dominique, 190.

Zeller (Constant), à Ollwiller, par Soultz (Haute-Alsace).

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam, 3.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Londres, 8.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, rue Saint-Lazare, 88.

Secrétaire-Archiviste.

M. Husquin de Rhéville ✠, cité Rougemont, 10.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1880

N° 1

Pendant le mois de janvier les questions suivantes ont été traitées :

1° *Installation des membres du Bureau et du Comité*, discours de MM. Joseph Farcot et Gottschalk (séance du 9 janvier, page 82).

2° *Pont de Dundee sur la Tay* (séance du 9 janvier, page 101).

3° *Marché du Château d'Eau* (*Accident arrivé au*), (séances des 9 et 23 janvier, pages 101 et 119).

4° *Déphosphoration des fontes d'acier* (Progrès de la), (séance du 9 janvier, pages 68 et 102).

5° *Débâcle de la Loire* (séance du 23 janvier, page 119).

6° *Voies de Communication interocéaniques* à créer à travers l'Isthme de Panama. Mémoire de M. Courtines, présenté par M. Cotard (séance du 23 janvier, page 119).

7° *Essais de Mécanique chimique.* (Analyse de l'ouvrage de M. Berthelot, sur), par M. Antoine Breguet (séance du 23 janvier, pages 120 et 134).

8° *Chemins de fer d'intérêt général* (classement du réseau complémentaire des), par M. Level (séance du 23 janvier, page 120).

9° *Prix de revient des Transports par chemins de fer*, par M. Marché (séance du 23 janvier, page 125).

Pendant le mois de janvier la Société a reçu :

De M. Le Cordier, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur la *Voiture à vapeur la Marie-Anne système Bollée.*

De M. Albert Cahen, membre de la Société, un exemplaire d'une notice et traduction de la *Loi espagnole du* 30 *juillet* 1878 *sur les brevets d'invention.*

De M. Verrine, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur *l'Influence de la boue et de la poussière sur l'hygiène des villes.*

De M. Lippmann, membre de la Société, un exemplaire de son petit *Traité de sondage, études et recherches souterraines par sondage à de faibles profondeurs.*

De M. Rubin, membre de la Société, une *Étude sur les calculs de résistance des plaques de blindages.*

De M. Hauvel, ingénieur, un exemplaire de son étude du *Régime des cours d'eau.*

De M. Janicki, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les divers *Moyens employés pour améliorer les conditions de navigabilité des rivières.*

De M. Faliès, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur les *Chemins de fer aériens dans Paris.*

De M. Hirsch, professeur de machines à vapeur à l'École des Ponts et Chaussées, un exemplaire de l'*Histoire de la machine à vapeur,* par R. H. Turston, revue, annotée et augmentée d'une introduction par M. Hirsch.

La Société a reçu de plus les publications suivantes :

INSTITUTIONS.

Académie royale des Lincei, de Florence.

Academia di Scienze, Lettere ed Arti de Florence.

Academy American of arts and sciences.

Aéronaute (L'), organe international de la navigation aérienne.

American Society of Civil Engineers.

Annales des ponts et chaussées.

Annales des mines.

Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France.

Association des anciens élèves de l'École de Liége.

Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.

Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures.

Association des Ingénieurs industriels de Barcelone.

Atti del Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze.

Comptes rendus de l'Académie des sciences.

Franklin Institute.

Institution of civil Engineers.

Institution of Mechanical Engineers.

Institution of american, Mining Engineers.

Iron and Steel Institute.

Magyar Mérnökes-Epilesz-Egylet Közlönye.

Société de Physique.

Society of telegraph Engineers.

Society of Engineers (*anglais*).

Société industrielle de Reims.

Société des Architectes des Alpes-Maritimes.

Société industrielle de Mulhouse.

Society of Engineers and Shipbuilders of Scotland.

Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne.

Société d'encouragement.

Société de géographie.

Société nationale et centrale d'agriculture.

Société des Ingénieurs portugais.

Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille.

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.

Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers.

Société scientifique industrielle de Marseille.

Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre.

Société royale des Sciences de Bohême (à Prague).

Société des Arts d'Édimbourg.

Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube.

Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens.

Société industrielle de Rouen.

Société technique de l'Industrie du gaz en France.

Société des Études coloniales et maritimes.

Société de géographie commerciale de Bordeaux.

Société de géographie de Marseille.

Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'Université catholique de Louvain.

Union des charbonnages, mines et usines métallurgiques de la province de Liége.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES.

Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.

Annales du Génie civil.

Annales industrielles, par Cassagne.

Annales des Travaux publics.

Annales de la construction, par Oppermann.

Annales des chemins vicinaux.

Bulletin officiel de la Marine.

Canadian Journal of science, litterature, and history.

Chronique industrielle.

Comité des forges de France.

Courrier municipal.

Dingler's Polytechnisches Journal.

Écho Industriel.

Économiste (*L'*).

Encyclopédie d'architecture.

Engineer (*The*).

Engineering.

Engineering News an Illustrated Weekly Journal (de Chicago).

Gazette des Architectes.

Gazette du Village.

Iron, *Journal of science, metals et manufacture.*

Journal d'Agriculture pratique.

Journal of the Society of Arts.

Journal des Chemins de fer.

Journal Suisse des chemins de fer (Eisenbahn)

Houille (*La*).

Musée Royal de l'industrie de Belgique.

Mondes (*Les*).

Moniteur des chemins de fer.

Moniteur industriel belge.

Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture.

Moniteur des Travaux publics.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Politecnico (*Il*) *Giornale dell' Ingegnere Architetto civile ed industriale.*

Portefeuille économique des machines, par Oppermann.

Proceedings of the American Academy arts and sciences.

Propagateur (*Le*) *de l'Industrie et des Inventions.*

Réforme économique.

Revue métallurgique (*La*).

Revue des chemins de fer et des progrès industriels.

Revue maritime et coloniale.

Revue d'architecture.

Revista de obras publicas.

Revue des Deux-Mondes.

Revue horticole (*La*).

Revue générale des chemins de fer.

Revue technique polonaise.

Revue universelle des mines et de la métallurgie.

Revue des Industries chimiques et agricoles.

Semaine des constructeurs (*La*).

Semaine financière (*La*).

Sucrerie indigène (*La*).

Les Membres nouvellement admis sont :

Au mois de janvier :

MM. Bailly, présenté par MM. Barrault, Chapman et Fontaine.
Beaulieu, présenté par MM. Lecherf, Vellut et Zimmer.
Biju-Duval, présenté par MM. Rey, Tritz et Vallot.
Chevalier (Louis), présenté par MM. E. Chevalier, Rey et Vallot.
Chevalier (Georges), présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Coste, présenté par MM. Deligny, Huet et Wurgler.
Deniel, présenté par MM. Bourdais, Dargent et Deniel.
Germain, présenté par MM. de Comberousse, Lecœuvre et Vigreux.
Nabielak, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
Teisset, présenté par MM. Bouvard, Charbonnier et Love.
Vallot, présenté par MM. Bourdais, Chabrier et Mouchelet.
Vigneau, présenté par MM. Delanney, Faliès et Mallet.

NOTE

SUR LA DÉPHOSPHORATION

DE LA FONTE, DU FER ET DE L'ACIER

PAR M. LENCAUCHEZ.

Depuis 1830, on déphosphore les fontes au four à puddler par l'emploi de garnissages calcaréo-ferrugineux et on réduit la teneur en phosphore, qui est de 25 à 15 pour mille dans la fonte, à 5 pour mille dans le fer fini.

En 1861, M. Parry a proposé d'épurer la fonte par le puddlage, c'est-à-dire de ramener de la fonte à 20 pour mille à du fer à 5 pour mille, puis de fondre celui-ci au cubilot pour en faire une nouvelle fonte déphosphorée.

En 1865, j'ai proposé d'affiner sur parois en chaux vive agglomérée au goudron, procédé que M. le professeur Riley, de Londres, vient de recommander de nouveau cette année.

En 1867, M. Bessemer a essayé une méthode de déphosphoration à deux convertisseurs, dont l'un était à parois ferrugineuses.

En 1868, M. Heaton a essayé la filtration de la fonte à travers le nitrate de soude, cette déphosphoration coûteuse n'a pas été plus complète que celle du four à puddler.

En 1869, M. Émile Muller a proposé de faire le garnissage des convertisseurs Bessemer en magnésie agglomérée, puis de faire des charges de chaux pendant le soufflage, afin de fournir cette base aux acides silicique et phosphorique pour qu'ils ne puissent ronger le gar-

nissage magnésien : donc, à part l'emploi de la dolomie proposé par M. Gruner, en 1875, la proposition de M. Muller *est identique* à celle de MM. Thomas et Gilchrist en 1878.

En 1873, M. Tessié du Motay a essayé un tube en U comme appareil d'affinage et de déphosphoration, dont les parois, a dit M. Regnard, étaient en magnésie pure[1]; les briques de ces parois devaient être beaucoup trop friables, si jamais on a pu agglomérer sans addition de la magnésie pure.

En 1874, le 7 août, j'ai fait, à notre Société, une communication sur la déphosphoration; cette communication eut un certain retentissement; elle fut traduite en anglais, en Amérique comme en Angleterre; mes conclusions étaient à cette époque et sont encore aujourd'hui, que toutes les méthodes et tous les appareils sont bons si les parois de ceux-ci sont basiques.

En 1875, et même avant, je crois, M. Lowthian Bell a fait de la déphosphoration dans un four oscillant à parois d'oxyde de fer en chassant de la fonte peu ou point de carbonne, mais en expulsant les 14/17 du silicium et les 9/10 du phosphore.

En 1875 aussi, M. Gruner a publié la première partie de son très remarquable ouvrage et dans les paragraphes 99, 100 et 101, on trouve, tracées de main de maître, toutes les indications utiles pour mener à bonne fin le problème de la déphosphoration; les conclusions de M. Gruner sont, que toutes les méthodes sont bonnes, si les parois des appareils sont basiques, et il propose, § 100, la fabrication de briques en dolomie avec addition de bauxite, au besoin, afin d'agglomérer la masse par une fritte ou fusion partielle à très haute température de certains éléments la composant.

« . . . . . *On aurait à haute température un aluminate*
« *basique de fer, de chaux et de magnésie qui, à part son infusibilité,*
« *aurait aussi l'avantage de retenir l'acide phosphorique et de favo-*
« *riser l'affinage des fontes phosphoreuses.* »

En 1877, chez M. Krupp, on a repris le procédé de M. L. Bell, mais le four Maudslay à sole tournante y a remplacé le four oscillant de M. L. Bell, et les résultats furent les mêmes que ceux déjà obtenus par le savant métallurgiste anglais.

1. Séance du 17 octobre 1879.

En 1878, MM. Thomas et Gilchrist ont repris au Bessemer la méthode de M. E. Muller sans y rien changer, mais en profitant des sages avis de M. Gruner : après de très nombreux essais, la brique et le garnissage qui leur ont le mieux réussi (*dans ces derniers temps*) ont la composition suivante :

1° Silice	6
2° Alumine	4
3° Oxyde de fer	2
4° Magnésie	30
5° Chaux	53
6° Divers	1
	96

Ces briques sont faites en matières crues, il faut 5 kilogr. de houille pour cuire 1 de brique, le retrait linéaire est de 27 pour 100, ce qui réduit le volume à 0,38, et quand la cuisson est très énergique la perte en volume peut dépasser les 2/3 du volume primitif. Une telle contraction ne peut être due qu'à la production d'un silico-aluminate de fer, de magnésie, de chaux et divers, qui agglomère toute la masse par le frittage ; aussi ces briques peuvent-elles rester en hiver deux mois en magasin sans fuser ni se déliter.

Enfin en 1879, à Montataire et à Fourchambault, on a fait de la déphosphoration au four à puddler par la bauxite ; il se forme un phosphate d'alumine, le plus stable de tous les phosphates, que l'oxyde de carbone ne réduit pas, même en présence de la silice ; le fer obtenu de fontes phosphoreuses de Moselle ne renferme plus que 0,08 pour 100 de phosphore ; il faut 45 à 70 kilogr. de bauxite par tonne puddlée pour obtenir ce résultat.

Pour l'ancien Bessemer on avait cru, pour un temps, qu'il serait bon d'y injecter des poudres comme celles que les anciens fondeurs d'acier avaient l'habitude de mettre dans leurs creusets, ces injections n'ont produit aucun effet utile ; cependant aujourd'hui on dispose en Allemagne les appareils pour faire, par le vent, des injections de chaux vive, sous forme de folle farine, que celui-ci fera passer par les tuyères et pénétrer dans le convertisseur ; c'est ce que j'ai proposé par ma note du 8 mai lue, à la Société, dans la séance du 17 octobre.

Si l'on parvient à rendre pratique l'injection de chaux, on pourra faire durer indéfiniment le garnissage ; du reste, si malgré cette injection on trouve que ce garnissage se ronge pour fournir de

la magnésie aux acides silicique et phosphorique, on pourra faire aussi bien des injections de dolomie calcinée et réduite en folle poussière.

Cette longue énumération de recherches prouve surabondamment *que toutes les méthodes de déphosphoration sont dans le domaine public et depuis longtemps;* reste la question des appareils nouveaux, s'il y en a, mais que je n'ai pas à examiner ici.

J'ai dit plus haut que, depuis 1874, ma conviction est qu'il n'y a pas, à proprement parler, de méthode de déphosphoration, mais qu'il y avait à produire la brique et le garnissage basiques industriels, *c'est-à-dire la paroi basique pratique;* c'est ce qui est obtenu aujourd'hui, grâce aux bons conseils du savant M. Gruner; en effet, si les phosphates de chaux, de magnésie et d'alumine ne sont pas fusibles, du moins isolément et à la chaleur du feu de forge, leur mélange l'est cependant, surtout s'il est additionné d'oxydes métalliques où dominent ceux de fer et de manganèse; alors le gaz oxyde de carbone ne les réduit plus, si la masse de scorie formée renferme moins de 10 pour 100 de silice.

J'avais dit dans ma communication du 7 août 1874 : « *On remarquera que, si le garnissage est fait en chaux très pure, presque tout le phosphore, après oxydation, passera dans les scories à l'état de phosphate tribasique;* » la vérité est, qu'il y passe à l'état de phosphates multiples de chaux, de magnésie, de fer, de manganèse et divers; car l'acide phosphorique, de même que l'acide silicique (*la silice*), a une grande tendance à former des sels multiples qui sont d'autant plus fusibles que le nombre de bases est plus considérable, du moins pour attaquer celles qui, seules, donnent des phosphates infusibles, comme la chaux, la magnésie et l'alumine.

M. Lowthian Bell a bien prouvé que le phosphore s'oxyde en même temps que le silicium, et *je serais même disposé à croire qu'il s'oxyde avant;* en effet le silicium se combine avec trois équivalents d'oxygène pour former l'acide silicique $Si\,O^3$, tandis que le phosphore se combine avec cinq équivalents d'oxygène pour former l'acide phosphorique $Ph\,O^5$; la combinaison de la silice avec les bases réclame de la chaleur, comme la fonte des verres et cristaux le prouve, tandis que la combinaison de l'acide phosphorique avec les bases développe du calorique; de plus l'acide phosphorique forme avec les bases des phosphates à basses températures, tandis que l'acide silicique réclame celle de 1500° envi-

ron pour se combiner avec la chaux et la soude, ou la soude et l'oxyde de plomb, bases plus fusibles que celles qui se trouvent dans un four à puddler; dans ce four la température de la fonte liquide passe de 1200° à 1550°, celle des boules que l'on tire du four quand le fer est ballé. —Donc entre 1200° et 1400°, moment où les bulles de gaz oxyde de carbone commencent à se dégager du bain de fusion, l'acide silicique qui réclame la température des fours de verrerie, 1500°, pour se combiner avec les bases, ne peut chasser l'acide phosphorique de ses combinaisons; d'un autre côté, le gaz oxyde de carbone ne réduit le phosphate de fer qu'à une température supérieure à celle des fours à puddler, car dans mes dernières recherches, j'ai obtenu la réduction du phosphate de fer par le carbone à plus basse température que par le gaz oxyde de carbone. Il résulte donc, de toutes ces causes, qu'au-dessous de 1400° le gaz oxyde de carbone ne réduit pas plus le phosphate de fer que le carbone, et qu'à cette température l'acide silicique ne peut chasser de ses combinaisons l'acide phosphorique; *dans ces conditions la fonte est déphosphorée;* mais, à mesure que le carbone brûle en se dégageant sous forme d'oxyde, la température monte toujours jusqu'à son extrême limite, 1550° environ, alors l'acide silicique chasse de toutes ses combinaisons l'acide phosphorique, que le gaz oxyde de carbone réduit comme le fer en *rephosphorant* le métal affiné, soit l'acier ou le fer; cette réaction pourrait s'appeler la *rephosphoration.*

A bien dire, dans les phénomènes de la combustion intermoléculaire, le silicium ne brûle pas d'abord, puis le carbone, puis le manganèse, puis le phosphore, et enfin le fer; loin de là, ce qui brûle d'abord et toujours, c'est le fer, et c'est une grande erreur que de croire le contraire; en effet, une bonne fonte est à 92 pour 100 de fer qui protège bien tous les métalloïdes quelle que soit leur avidité pour l'oxygène, *la prépondérance est toujours du côté de la masse,* seulement l'oxyde de fer formé et dissous par cette masse, réagit sur ces métalloïdes par voie de dissolution en leur cédant son oxygène, ce qui le ramène incessamment à l'état métallique tant que la masse renferme du phosphore, du silicium, du carbone et un métal, le manganèse, quand la fonte en renferme ou quand on en a introduit par addition; ainsi s'explique la formation du phosphate de fer à basse température 1200°, vu que 8 molécules d'oxyde de fer 8 Fe O en présence d'une molécule de phosphore donnent la réaction suivante :

$$8\,FeO + Ph = 3\,FeO, PhO^5 + 5\,Fe.$$

et que deux molécules de protoxyde et deux molécules de peroxyde de fer donnent celle-ci :

$$2\,FeO + 2\,Fe^2O^3 + Ph = Fe^2O^3, PhO^5 + 4\,Fe.$$

qui, en présence du métal et des métalloïdes, ainsi que de l'oxyde de carbone qui se forme incessamment, doit être vivement ramené à l'état du premier phosphate $3\,FeO, PhO^5$.

Quand la température augmente, s'il se trouve de la silice libre, elle chasse l'acide phosphorique; mais si le bain de fusion n'en renferme pas, et que celle-ci soit remplacée par le manganèse, l'alumine, etc., il se forme un polyphosphate de fer, de manganèse, de chaux, de magnésie et d'alumine qui, chargé d'oxyde de fer en excès et en fusion, forme un flux qui retient fortement l'acide phosphorique et le préserve même de l'action réductrice de l'oxyde de carbone, tant que l'excès d'oxyde de fer n'est pas réduit lui-même; or dans l'affinage le résultat final est toujours une légère oxydation de la masse, donc il n'y a plus de réduction possible. Si le bain ne renferme plus de silice, l'acide phosphorique ne saurait être ni déplacé, ni réduit par le métal.

1° L'application de ce principe donne, à Montataire, des fers à 0,08 pour 100 de phosphore provenant des fontes de Frouard, près Nancy; d'après ce qui m'a été rapporté, à Montataire, dans un four à réchauffer ordinaire on charge un mélange de bauxite, de chaux et d'oxyde de manganèse commun et ferrugineux, le tout à l'état pulvérulent, et on chauffe fortement; on obtient ainsi une fritte d'aluminate de chaux, d'oxydes de manganèse et de fer. Le puddlage est conduit comme d'habitude, aucune recommandation n'est faite aux ouvriers qui produisent le même nombre de charges par jour; seulement à chaque charge, au moment où le fer va commencer à prendre grain, on charge, sortant du petit four et aussi chaud que possible, 10 à 12 kilogr. d'aluminate, et on continue l'opération comme d'habitude, ainsi que je viens de le dire. On croit avoir la certitude que la chaux et les oxydes de fer et de manganèse saturent la silice, tandis que l'alumine se combine avec l'acide phosphorique en chassant de ses combinaisons les autres bases pour former le phosphate d'alumine, *le plus stable de tous les phosphates*, lequel, noyé dans la scorie, n'est plus attaqué.

2° A Fourchambault on obtient le même résultat, m'assure M. Forey, notre collègue, par une lettre en date du 7 courant..... « *Il suffit de « mettre dans le four à puddler, 10 à 15 kilogr. de bauxite par charge « et de conduire l'opération comme d'habitude : avec de la fonte*[1] *à « 0,40 de phosphore, j'ai obtenu du fer à* 0,08. . . . . « . . . . . « . . . . . *Il se forme un phosphate d'alumine qui n'est « pas réduit par l'oxyde de carbone, même en présence de la silice.* »

3° A Ruhrort et à Hœrde on fait actuellement de la déphosphoration au Bessemer ordinaire avec un seul convertisseur; les parois de cet appareil sont faites avec des briques compactes dures et sonores qui, à la cassure, ont l'apparence d'un basalte, ces briques ont la composition suivante :

Silice	8.5
Alumine	0.5
Peroxyde de fer	2.»
Magnésie	30.»
Chaux	60.»
	101.»

Avant de charger la fonte, on introduit, dans le convertisseur, environ 200 kilog. d'un flux calcaréo-ferrugineux par tonne de fonte à affiner; ce flux est formé de deux parties de chaux et d'une d'oxyde de fer.

La fonte employée est la qualité blanche de la Moselle et du Luxembourg, sa composition est :

Fer			92 »
Carbone	4.50		
Phosphore	2.25	.....	8 »
Silicium	0.75		
Soufre	0.50		
			100 »

Les ingénieurs allemands considèrent aujourd'hui le phosphore comme un combustible, car la marche du Bessemer avec cette fonte est très chaude, et le déchet total n'est que de 13 pour 100; comme il

1. Fonte grise peu siliceuse et non sulfureuse. En effet, la fonte obtenue par surcharge de castine, c'est-à-dire avec un laitier aussi calcaireux que possible, est peu siliceuse en même temps que peu sulfureuse, le soufre du lit de fusion passant presqu'en entier dans le laitier, sous forme de *sulfure de calcium*, d'où il suit qu'éliminant le silicium on élimine le soufre en même temps; ce que j'ai fait voir par mes notes du 7 août 1874 et du 8 mai 1879, citées ci-dessus.

y a 8 pour 100 d'impuretés, la perte métallique n'est donc que de 13 — 8 = 5 pour 100 seulement.

L'acier obtenu ne renferme que 0,03 pour 100 de phosphore. $\frac{3,\ »}{10.000,\ »}$.

La scorie n'est pas beaucoup plus abondante que dans le Bessemer ordinaire; on ne l'évacue pas dans le convertisseur de 3 tonnes, mais on l'évacue avant l'addition du spiegel dans le convertisseur de 8 tonnes.

L'addition du spiegel ne modifie pas la teneur du phosphore qui n'est pas augmentée, attendu que, dans le convertisseur de 8 tonnes, la scorie a été évacuée, et que, dans le convertisseur de 3 tonnes, le jet de gaz qui la traverse la fait mousser sans la mettre en contact avec le métal sur lequel surnage encore une grande quantité de flux calcaréo-ferrugineux.

La composition de la scorie est en moyenne :

Silice	11. »
Chaux	46. »
Magnésie	5. »
Alumine	1. »
Peroxyde de fer	8. »
Protoxyde de fer	10. »
Protoxyde de manganèse	4. »
Acide phosphorique	15. »
	100. »

On voit donc que ceux de nos honorables collègues qui ont professé « *que le silicium en forte dose par rapport au phosphore doit faciliter* « *le départ de celui-ci et qu'il y a donc lieu d'opérer sur des fontes* « *extra-siliceuses, ou mieux d'ajouter au bain des siliciures de fer* », se sont considérablement trompés.

Quant aux courbes de déphosphoration que divers auteurs ont présentées, en rapportant tout au temps et à la teneur en phosphore; je crois avoir le droit de dire que ces courbes ne représentent rien de réel, puisqu'il n'a été tenu compte pour leur tracé ni de la température, ni des actions multiples combinées du carbone, de l'oxyde de carbone, de l'oxyde de fer, de la silice et de l'alumine; on comprend néanmoins, qu'au convertisseur Bessemer, où la chaleur est toujours supérieure à celle où l'acide silicique chasse de ses combinaisons l'acide phosphorique et où le gaz oxyde de carbone, en présence du

métal en fusion, réduit toujours le phosphate de fer ; on comprend, dis-je, que ce phosphate soit réduit tant que l'acide silicique n'est pas saturé de bases jusqu'à satiété, et jusqu'à ce que le polyphosphate de fer, de manganèse, de chaux et d'alumine, ne soit par un excès de bases alcalino-terreuses devenu irréductible par le gaz oxyde de carbone.

Je ferai remarquer qu'il n'y a pas plus de phosphates que de silicates se rapportant à des formules chimiques nettement définies, l'acide silicique jusqu'à son point de fusion peut toujours s'unir aux bases, c'est pourquoi, plus un four de verrerie est chaud plus il porte de sable dans la composition du verre ; d'où il suit que plus l'allure d'un four métallurgique sera chaude, plus l'acide silicique chassera l'acide phosphorique de ses combinaisons : *donc le mieux sera toujours d'écouler la scorie siliceuse, dès que l'oxydation du silicium sera complètement achevée*[1]. (Voir ma communication du 7 août 1874.)

Pour terminer ce sujet, je rappellerai une chose bien connue de tous les métallurgistes, savoir que le silicate le plus fusible et le plus pauvre en métal, se rapproche toujours de la composition suivante :

Silice	33 à 36
Alumine	13 à 15
Chaux	52 à 46
Divers	2 à 3
	100. »

Or un tel laitier, au haut fourneau, fait passer tout le phosphore des phosphates dans le métal. Il suit de là qu'on peut, avec les données actuelles et par induction, établir le tableau suivant, pour indiquer les quantités de phosphore qui resteront dans le métal, après affinage, suivant que sa scorie sera plus ou moins siliceuse.

Silice dans la Scorie.		Phosphore dans le Métal.	
Silice.....	35 p. %	Phosphore.....	tout.
Id.....	25 »	Id.....	0.80 p. %
Id.....	20 »	Id.....	0.500 »
Id.....	15 »	Id.....	0.080 »
Id.....	10 »	Id.....	0.030 »
Id.....	5 »	Id.....	0.001 »
Id.....	0 »	Id.....	0.000 »

Donc la déphosphoration ne sera absolue que le jour où l'on fera des

1. Le 15 décembre 1879, M. Massenez, directeur de Hœrde, a dit au Meeting métallurgique de Düsseldorf, « *qu'il avait déclaré une guerre acharnée au silicium, pour faire un « pacte d'amitié avec le phosphore.* »

briques et des garnissages en matières frittées formant un polyaluminate de chaux, de magnésie et d'oxyde de fer ou de manganèse ne renfermant pas trace de silice; *en attendant ce résultat plus théorique que pratique*, ce que nous avons de mieux à faire aujourd'hui, c'est de fabriquer nos briques destinées à la déphosphoration avec le moins de silice possible, et *de produire de même au haut fourneau des fontes aussi peu siliceuses, que pratiquement on peut le faire*[1]; c'est ce que je recommandais en 1874 dans ma communication citée plus haut.

J'ajouterai cependant encore les quelques considérations suivantes, relatives à la composition du flux employé dans le procédé de déphosphoration au convertisseur.

Je prendrai comme terme de comparaison la composition du flux praliné des Anglais, dans laquelle entre du « *Blue Billy* » ou peroxyde de fer chimiquement pur.

Ce minerai coûtera toujours en France un prix très élevé, tandis que certains minerais d'Afrique peuvent le remplacer s'ils sont choisis avec soin.

Mais il me semble que la composition du flux praliné que l'on ajoute dans le convertisseur pourrait être la suivante, que j'inscrirai en regard de celle du flux anglais.

Composition anglaise POUR FLUX PRALINÉ.		**Composition proposée** POUR FLUX PRALINÉ.		
Silice.....	1.00	.....	0.5	Chaux bien cuite 54.5
Chaux.....	60.00	.....	54.»	
Peroxyde de fer..	31.89	.....	13.»	Bauxite calcinée 45.5 d'après M. Gruner.
Acide carbonique.....	6.40	.....	» »	
Alumine.....	» »	.....	30.»	
Silice.....	» »	.....	2.5	
	99.39		100.0	

Ainsi en faisant fritter 54,5 de chaux pure bien cuite avec 45,5 de

1. Pour ceci le haut fourneau doit marcher au vent très chaud, 7 à 800° centésimaux, avec surcharge en castine; car 1,00 de silicium donne 2,15 de silice, produisant 21,5 de scorie basique, soit 215 kil. de scorie par tonne de fonte, à 1 pour 100 de silicium, auxquels il faut ajouter la scorie provenant de la silice du garnissage et du flux par addition, car les chaux les plus pures renferment encore de 1 à 2 pour 100 de silice. Il suit de là, qu'on peut estimer à 300 kil. au minimum la quantité de scorie basique par tonne de fonte déphosphorée, à 1 pour 100 de silicium; à 450 kil. par tonne, à 1,5 pour 100; à 600 kil. par tonne à 2 pour 100, et à 750 kil. par tonne à 2,5 pour 100 de silicium.

bauxite calcinée valant 25 francs la tonne rendue aux usines, on aurait l'avantage de provoquer la formation du polyphosphate de chaux, d'alumine, de peroxyde et d'oxyde de fer, où pourrait dominer comme dans le four à puddler le phosphate d'alumine, *le plus stable de tous les phosphates*, que la silice des scories de ce four ne réduit pas. Quant à l'oxyde de fer il serait fourni par la fonte comme par la bauxite, car en Meurthe-et-Moselle, par exemple, la fonte qui fournirait une partie de cet oxyde coûterait bien meilleur marché que le Blue Billy qu'on y transporterait.

D'après Berthier la scorie moyenne des fours à puddler renferme 33 pour 100[1] de silice, tandis que celle de l'affinage au Bessemer à parois dolomitiques, n'en renferme que 9 à 11 pour 100; donc l'acide phosphorique devrait être plus fortement fixé par le flux proposé qui serait un aluminate double de chaux et de peroxyde de fer, que par celui au Blue Billy.

Evreux, le 25 novembre 1879.

N. B. Depuis le 25 novembre de nouveaux progrès sont à signaler ainsi que certaines erreurs à rectifier.

1° La chaux pure a remplacé le Blue Billy et les injections de chaux en poudre n'ont pas été possibles, vu les engorgements qui se produisaient aux tuyères; le succès complet de l'emploi de la chaux pure chargée préalablement et en blocs au convertisseur en démontrant l'inutilité, les essais n'ont pas été continués dans la voie des injections.

2° La déphosphoration par la bauxite, essayée dans un grand nombre de forges, n'a donné de bons résultats qu'avec des fontes grises très peu siliceuses[2], à la condition de l'employer sous forme d'aluminate.

Je me suis rendu aux Baux, où j'ai pris sept échantillons de bauxite qui ont été analysés chez MM. de Wendel, confirmant d'autres, analysés par M. Forey de Montluçon et plusieurs de nos collègues. Le

1. Depuis vingt ans, en Meurthe-et-Moselle, avec addition de mine jaune pour garnissage au four à puddler, les scories ont été ramenées à 18 et 20 de silice, et les fers à (4 pour 1000), quatre pour mille de phosphore, même à 3 ½ et 3.

2. Pour les raisons qui font l'objet de ma note du 8 mai 1879, les fontes peu siliceuses obtenues au vent très chaud avec surcharge de castine (*comme je l'ai dit dans ma communication du 7 août 1874*), sont aussi très peu *et même pas du tout sulfureuses*; ce qui est de la plus haute importance pour la production de l'acier.

grand nombre d'analyses qui m'ont été soumises me prouve que, commercialement et industriellement, il est impossible de se procurer des bauxites au-dessous de 10 pour 100 de silice : du reste, voici les résultats des analyses les plus complètes à ce sujet, avec le prix de la tonne de bauxite rendue à Arles ou à Tarascon.

N°	DÉSIGNATION.	SILICE. p. 100.	ALUMINE. p. 100.	PEROXYDE DE FER. p. 100.	CHAUX. p. 100.	PRIX en GARE.
1	Bauxite blanche.....	10,40	66,99	5,71	0,00	16f 00
2	Id. rose.....	10,90	67,21	5,14	0,00	14 00
3	Id. rouge.....	11,80	53,46	23,99	0,00	10 00
4	Id. rouge brun.....	11,90	53,51	23,99	0,00	8 00
5	Id. rouge brun foncé, qualité compacte.....	34,50	29,44	23,26	0,00	5 00
6	Bauxite rouge à grain de minerai de fer pisolitique.	9,80	41,62	35,08	3,15	6 00
7	Bauxite grise à grain de minerai de fer pisolitique.	9,70	41,54	35,46	3,10	5 00

Les échantillons ont été desséchés et calcinés avant l'analyse; en carrière leur teneur en eau varie, suivant la saison, entre 12 et 22 pour 100. Les échantillons indiqués par les n°s 4 et 6 sont employés comme fondants à Beaucaire pour les minerais d'Algérie.

L'examen de ce tableau d'analyses fait voir que si *les bauxites n°s 1 et 2 peuvent s'employer comme agglomérant des dolomies non argileuses dans la proportion de 4 à 6 pour* 100, elles ne sauraient convenir comme flux dans beaucoup de cas, car elles sont encore trop chargées de silice, c'est ce qui fait probablement que la déphosphoration des fontes blanches, à Fourchambault, n'a pas réussi comme celle des fontes grises, du moins jusqu'ici; d'un autre côté, la chaux pure et l'oxyde de fer de l'affinage suffisant, le flux-aluminate à la bauxite perd tout intérêt pratique avec une matière aussi coûteuse pour la déphosphoration.

3° Dès 1848, Berthier a fait connaître un aluminate très fusible ainsi composé :

Alumine.....	50	= 100.
Chaux.....	35	
Magnésie.....	15	

Cet aluminate, aussi fusible que les silicates, peut, par la fritte,

agglomérer la dolomie ; la brique basique anglaise, à 6 pour 100 de silice et à 4 pour 100 d'alumine, est donc préférable à la brique allemande à 8 pour 100 de silice avec seulement des traces d'alumine, 0,5 pour 100.

En 1878, M. Gruner a signalé des cas où, à très hautes températures, la silice chasse l'alumine de ses combinaisons en la mettant en liberté, *c'est une précieuse propriété pour la déphosphoration*, donc on doit toujours pour la fabrication des briques basiques rechercher les dolomies alumineuses, soit en termes pratiques, argileuses, pourvu qu'avant la calcination ou la cuisson la silice et l'alumine réunies ne dépassent pas 5 pour 100 dans la composition de ces dolomies, vu qu'elles perdent 50 pour 100 en moyenne à la cuisson ou la moitié de leur poids.

4° Avec la dolomie bonne pour les briques basiques on fait, en la calcinant préalablement, de bons pisés pour four à sole ; pour ce, on mouille la dolomie calcinée et en poudre au goudron et on procède comme pour la confection des soles en silice.

Dans le cas des briques comme des pisés basiques l'alumine et la silice ne doivent pas dépasser 10 pour 100, les oxydes métalliques divers 2 pour 100, et la quantité de chaux peut être double de celle de la magnésie ; ainsi 1 magnésie : 2 chaux : : 30 : 60 pour 100, c'est la formule de la brique de Hœrde.

5° La scorie ne doit pas renfermer plus de 10 pour 100 de silice, mais l'acide phosphorique ne doit pas dépasser de son côté 15 pour 100 ; de sorte que la somme des deux acides silicique et phosphorique doit être limitée à 25 pour 100 ; mais la déphosphoration sera d'autant meilleure que dans ces 25 pour 100 la quantité de silice sera au-dessous de 10 pour 100, l'idéal serait de n'en pas avoir du tout[1]. Quant aux bases elles doivent toujours faire un total de 75 pour 100 au moins ; c'est ce qui fait que la déphosphoration réclame des appareils à très

1. Dans ma communication du 7 août 1874, j'ai recommandé pour la déphosphoration le four à sole tournante, que depuis j'ai disposé pour l'addition de la tuyère rasante et pour la coulée directe du haut fourneau, avec introduction simultanée d'oxyde de fer à cette coulée. Sous peu de jours cet appareil sera expérimenté ; sa sole ou cuve est de la capacité de 12 tonnes d'acier par coulée ; on peut en voir les dessins dans mon ouvrage sur les *Combustibles* et sur le *Chauffage au gaz*, planches 17, 18 et 19, qui renferme aussi la communication dont il est ici question, pages 302 à 312.

hautes températures, cette scorie étant peu fusible pour celles des fours ordinaires : la formule ci-dessous doit être considérée comme un minimum de bases pour une bonne déphosphoration.

Acides...	Silicique	7 à 10	...	25
	Phosphorique	18 à 15		
Bases....	Chaux	40 à 55	...	75
	Magnésie	*a*		
	Alumine	*b*		
	Oxyde de fer	10 à 15		
	Idem, divers	*d*		
	Total	100		100

Paris, 15 janvier 1880.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS DE JANVIER 1880

Séance du 9 Janvier 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. JOSEPH FARCOT, Président sortant, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Me voici, après un an révolu, arrivé au terme de mon mandat et, avant de quitter cette Présidence dont vous avez bien voulu m'honorer, je dois, suivant l'usage de notre Société, résumer vos travaux de l'année.

Mais, tout d'abord, je dois aussi, en votre nom, rendre hommage à la mémoire des membres que nous avons perdus; ils sont nombreux, hélas ! Dix-sept d'entre nous ont, dans cette année, passée maintenant, 1879, terminé prématurément leur carrière. Et nous, leurs collègues, nous garderons leur souvenir; leurs noms seront inscrits dans nos annales et dans les cœurs de tous ceux qui les ont connus.

M. DUBIED, constructeur de machines à Couvet (Suisse), était élève de l'École centrale, sorti en 1843; il fut longtemps un des chefs de la maison Ducommun et Dubied de Mulhouse et, pendant bien des années, nous l'avons compté au nombre des membres de notre Comité. Il était un des constructeurs les plus distingués, s'occupant spécialement de machines-outils.

M. CAMACHO (Angel), sorti de l'École centrale en 1873, était Ingénieur à Mexico.

M. WILDEN, de Moscou, sorti de l'École centrale en 1862, a été directeur d'une fonderie de cuivre à Saint-Quentin.

M. TRONQUOY (Camille), sorti de l'École centrale en 1852, était Ingénieur aux chemins de fer du Midi; il fut secrétaire de notre Société pendant dix ans et membre du Comité jusqu'en 1873; chacun de nous garde le souvenir de la cordialité de ses relations.

M. Chopin (Nicolas-Philippe) fut chef du service de la construction de la ligne de Saintes à Coutras.

M. Fillon (Pierre) était sous-ingénieur de la voie et des travaux du chemin de fer du Nord de l'Espagne.

M. Chaper a été pendant longtemps ingénieur à la compagnie d'Orléans.

M. Deroide (Auguste), sorti de l'École centrale en 1857, était ingénieur civil à Paris; il fut colonel d'état-major pendant le siège.

M. Dugourd était ingénieur civil à Paris.

M. Jamin (Paul), membre associé, était maître de forges à Eurville (Haute-Marne).

M. Pot (Charles), sorti de l'École centrale en 1842, était ancien collaborateur de notre regretté maître M. Mary, puis de notre illustre président et fondateur M. Flachat; il a continué jusqu'en ces dernières années toute une série de grands travaux publics dont nous avons donné le résumé dans la séance du 3 octobre, en rendant hommage à son talent et à son caractère.

M. Levat (Gustave) était ingénieur civil à Arles. Sorti de l'École centrale en 1841, il a été longtemps Ingénieur des salins de la Camargue (société Merle et Cie) et a rendu de grands services à cette industrie du sel, ainsi qu'à l'agriculture de cette partie du département des Bouches-du-Rhône.

M. Durval (Henri-Charles) était sorti de l'École centrale en 1839; il a ressuscité en quelque sorte l'industrie de l'acide borique en Toscane où il possédait et dirigeait l'exploitation de Monte-Rotondo. Son caractère et son mérite lui avaient acquis, en Italie, une notoriété et une autorité qu'il a mises plus d'une fois au service de ses compatriotes français, avec une cordialité sincère.

M. Coutin (Jules-Henry), membre associé, dirigea pendant vingt ans le service commercial du chemin de fer de l'Ouest, et devint sur la fin de sa carrière, conseil de plusieurs grands Instituts financiers, et administrateur du chemin de Bone à Guelma. Il fut partout apprécié comme un travailleur consciencieux, d'un jugement sûr.

M. Watson (Joseph-Jean), était ingénieur anglais.

M. Gil (Claudio), de Barcelone, était sorti de l'École centrale, promotion de 1849. Il entra immédiatement au bureau de notre illustre et bien regretté président et fondateur Eugène Flachat, d'où sont sortis tant de nos camarades éminents. Il alla ensuite en Espagne travailler avec notre collègue Deligny au chemin de fer des Asturies, puis à des recherches métallurgiques et à l'exploitation des mines dans la province de Huelva.

Il s'occupa encore de la fabrication du sucre de betteraves et surtout de l'industrie du gaz; depuis longues années il était Ingénieur en chef de la Société Catalane du gaz de Barcelone et c'est dans cette situation qu'une mort inattendue est venue le frapper. . . . . .

Je rappelerai ce que notre collègue Richard vous disait dans la séance

du 3 octobre : « Claudio Gil avait passé à Paris tout le temps du siège : il aimait la France comme son pays, et il croyait acquitter une dette de reconnaissance en aimant cette France où il était venu chercher les connaissances qui avaient fait de lui un Ingénieur distingué.

« Claudio Gil vous aimait surtout, Messieurs, et aimait l'École centrale ; il nous en a donné une preuve touchante, car ses dernières paroles ont été pour nous. Il est mort en pleine connaissance, recommandant à son frère de faire, à la Société des Ingénieurs civils, un don de 5.000 fr., à l'Association amicale des anciens élèves de l'École un don de 5.000 fr., et à la reconstruction de l'École centrale un don de 5.000 fr. . . . . .

« Claudio Gil avait toutes les qualités d'un cœur dévoué et généreux, unies à celles de l'Ingénieur qui s'est fait apprécier par de nombreux et importants travaux. »

Nous lui garderons cordial souvenir et reconnaissance.

Dans la même séance du 3 octobre nous vous annoncions encore, Messieurs, le décès de M. Viollet-le-Duc, et notre collègue M. Bourdais se rendait l'interprète de la Société des Ingénieurs civils en disant qu'elle perd, en cet éminent architecte-ingénieur, un de ses membres les plus illustres, que « pour retracer sa vie de travail, il faudrait passer en revue les monuments de la période romaine et de la période gothique parsemés sur toute l'étendue du sol français, dont la plupart ont été conservés ou restaurés par ses soins directs ou d'après ses habiles conseils.

« L'abbaye de Saint-Denis, Notre-Dame de Paris, le château de Pierrefonds sont les œuvres principales de cet éminent archéologue, de ce savant artiste. . . . . .

« C'est que M. Viollet-le-Duc, ancien membre du comité de la Société des Ingénieurs civils, professait pour l'étude des sciences appliquées un culte profond, qu'il ne pouvait comprendre l'architecture comme un art dépourvu de science et qu'il regardait, au contraire, les études de l'Ingénieur-Constructeur comme la base indispensable de l'éducation des Architectes. Le concours chaleureux qu'il sut prêter à notre collègue M. Trélat, lors de la formation de l'École spéciale d'architecture, est la preuve la plus évidente de cette conviction de son esprit. »

Permettez-moi, Messieurs, de vous citer encore quelques lignes de ce que notre même collègue, M. Trélat, disait de Viollet-le-Duc, il y a quelques semaines, dans son discours d'ouverture des cours de l'École spéciale d'Architecture ; je crois bon que ces choses soient écrites dans nos annales.

« Une grande vie s'est éteinte récemment. Viollet-le-Duc est mort. Toute la presse a retenti de ce deuil. On a partout rappelé ses œuvres. On a ressaisi quelques traces du sillon qu'il marqua sur son temps. On n'a pas encore reproduit cette figure grande et troublante. Il est trop tôt pour le faire ; il y faudra des méditations longues.

. . . . . .

« L'architecture resta l'étiquette de sa carrière, il y fut maître. Mais

l'art, l'histoire, l'archéologie, l'enseignement, l'administration, la géodésie, les questions militaires, la polémique nationale, que sais-je! tout eut place dans son œuvre. Il fut dessinateur incomparable, constructeur éminent, restaurateur de monuments sans égal, écrivain infatigable, producteur sans repos. On se perd dans le nombre de ses dessins, de ses édifices, de ses écrits. Il faut renoncer à les nommer. Mais il faut citer sa *Restauration du château de Pierrefonds* qui est un chef-d'œuvre, son *Histoire d'une forteresse* qui est une merveille, son *Dictionnaire de l'architecture* qui est une gloire de la France.

. . . . . .

« Si vous voulez toucher un des mobiles intimes de la nature morale de Viollet-le-Duc vous noterez ceci. Il n'avait rien de caché. Tout ce qu'il récoltait, tout ce qu'il faisait, tout ce qu'il croyait, appartenait à tous. Aussi, sa porte était-elle grande ouverte tous les jours de huit à dix heures du matin, et chacun trouvait auprès de lui le renseignement parlé, écrit ou dessiné, le conseil ou le document prêté dont il avait besoin. Il s'est toujours considéré comme le camarade de tous ceux qui travaillent.

. . . . . .

« . . . Travailleur acharné de la solitude, il a plus d'une fois troublé de ses enfantements ardents les tranquillités de ceux qui ne songent pas aux lendemains.

. . . . . .

« Viollet-Le-Duc savait pourtant à l'occasion quitter la solitude et se mettre aussi dans un rang. Il l'a bien prouvé, et mieux que personne, dès que la France fut menacée. Il n'attendit pas une minute pour s'offrir à la défense qui préparait le salut de l'honneur français. Il créa, organisa et commanda le premier bataillon de génie auxiliaire, qui devint plus tard régiment. Devenu lui-même lieutenant-colonel, commandant les compagnies de marche, il combattit à Champigny et à Buzenval. Il a depuis, écrit sur la Défense de Paris, un livre qui ajoute une belle page patriotique à son legs intellectuel. Mais il conquit alors le plus beau titre qui se puisse ambitionner quand la patrie est en danger. L'admirable général Tripier, cher aux Parisiens, ne parlait jamais de Viollet-le-Duc sans dire : *Un bon soldat.*

. . . . . .

« Personne, Messieurs, n'avait mieux pénétré l'histoire de son pays que Viollet-le-Duc. Il l'avait fait à sa manière, mais si généralement et si profondément qu'il s'était identifié avec les différentes générations. Il savait nos ancêtres à tous les temps, dans leurs usages, dans leurs mœurs, dans leurs livres, dans leurs parchemins, dans leurs châteaux forts, dans leurs églises, dans leurs maisons communes, dans leurs habitations, dans leurs mobiliers, dans leurs costumes. Il est historien comme Michelet. Il avait, comme lui, cette seconde vue qui transperce les événements et les choses. Au lieu de l'éloigner de l'esprit moderne, la possession du passé lui avait fourni la compréhension nette des exigences et des forces de nos sociétés.

Aussi, la patrie avait-elle pris en lui les proportions d'une longue chaîne de siècles ordonnant les événements à mesure qu'ils se déroulent et apaisant les hommes dans le *travail* et la *liberté*. »

J'ai accompli, Messieurs, bien imparfaitement, mais cordialement, le douloureux devoir de rendre à ceux que nous avons perdus l'honneur qu'ils méritent. Je vais maintenant résumer brièvement les travaux de la Société pendant l'année qui vient de s'écouler.

Ils ont présenté une grande variété.

. . . . . .

M. Hersent, dans sa bien intéressante communication sur les principaux travaux de fondation d'ouvrages d'art réunis à l'Exposition universelle de 1878, nous a fait passer en revue les plus grands progrès réalisés dans cette branche si importante de l'art de l'Ingénieur pendant ces dernières années.

Dans l'exploitation des mines M. Lippmann, décrivant ses fonçages de puits par forages à grandes sections, nous a montré quelle est la puissance de l'industrie et du génie civil français, allant à l'étranger, dans l'Allemagne, ouvrir d'une façon magistrale, en des proportions de grandeur et en des conditions de rapidité et d'économie inconnues jusqu'alors, des voies nouvelles vers les entrailles du globe.

M. Périssé nous a fait connaître les travaux et recherches de MM. Huet et Geyler dans les mines athéniennes du Laurium et les richesses que contiennent encore ces anciens gisements.

M. Brüll nous a exposé les conditions d'exploitation du bassin houiller de la Rühr, l'organisation des sociétés, les méthodes et appareils employés pour le fonçage, l'épuisement, l'extraction, la ventilation.

Nous devons encore à M. Brüll l'analyse de l'ouvrage de M. Evrard sur l'exploitation des mines, et de très intéressantes communications sur la résistance des trains à la traction dans l'intérieur des mines et sur divers appareils nouveaux importants pour l'art de l'Ingénieur; systèmes récents de fonçage de pieux; télémètre et campylomètre de M. Gaumet.

MM. Gaudry et Colladon nous ont entretenus du tunnel du Saint-Gothard, de son avancement et des appareils employés pour l'exécution de ce grand travail. Nous nous sommes associés au deuil de tous les travailleurs et ingénieurs de cette vaste entreprise, quand nous avons appris de M. Colladon la perte bien regrettable, inattendue et prématurée, de son chef éminent, M. Louis Favre, qui n'était pas membre de notre Société, mais dont la mort fut un deuil aussi pour notre profession tout entière.

Les questions relatives à la métallurgie ont été l'objet de deux communications fort intéressantes et importantes faites, la première par M. Pourcel sur le traitement des pyrites cuivreuses, et la seconde par M. Ferdinand Gautier, sur la déphosphoration des fontes.

M. Hallopeau nous a aussi entretenus sur les produits bruts des usines métallurgiques à l'Exposition universelle de 1878.

L'industrie des chemins de fer a été l'objet de diverses communications :

De M. Dornès, sur le chemin de fer d'intérêt général de Vitré à Fougères et à la baie du mont Saint-Michel.

De M. Gottschalk, sur le rapport de la commission chargée de l'étude des locomotives à l'Exposition universelle de 1878.

De M. Kremer, sur les locomotives avec boîtes à feu en matériaux réfractaires expérimentées en Hongrie.

De M. Deghilage, sur les locomotives à grande vitesse et les locomotives-tenders à deux ou trois essieux accouplés placés entre deux essieux porteurs.

De M. Mathieu (Henry), sur le rapport de la section chargée, sous sa présidence, de l'étude du matériel fixe de la voie des chemins de fer, à l'Exposition universelle de 1878.

De M. Pascal, sur le patinage des roues de locomotives.

De M. Faliès, sur le chemin de fer sur route, ligne de Ribeauvillé, à voie étroite et à transport spécial des wagons de la voie large et normale sur la voie étroite.

M. Lecordier nous a entretenus des voitures à vapeur système Bollée.

M. Ivan Flachat nous a rendu compte de ses études sur les différents systèmes de voie des tramways à l'Exposition de 1878.

M. Anthony a traité en détail de la carrosserie à cette même Exposition, décrivant les divers types et les étudiant au point de vue de leur construction, de leurs avantages et de leurs inconvénients, et aussi au point de vue de la traction.

M. Pihet a rendu compte des travaux de la commission chargée de l'examen des machines-outils à l'Exposition de 1878.

M. Edouard Simon nous a décrit les machines nouvelles de la filature et du tissage à cette même Exposition universelle.

M. Duteil et M. Barret nous ont fait connaître les principes de construction et de très intéressants détails d'exécution, des machines hydrauliques à haute pression desservant les Docks et Entrepôts de Marseille.

M. Quéruel nous a exposé ses vues et calculs sur les machines à vapeur.

M. Grelley a résumé les divers types de détendeurs de vapeur employés dans l'industrie.

M. de Bonnard nous a présenté divers systèmes de registres automatiques appliqués aux foyers des générateurs.

Les appareils scientifiques ont aussi été l'objet de vos études. M. Armengaud jeune fils, dans une communication aussi intéressante que détaillée, nous a fait connaître les progrès de la télégraphie électrique, à l'Exposition universelle de 1878.

M. Fichet nous a décrit les téléphones de différents systèmes, les électrophones, et les microphones.

M. Léon Jaubert a entretenu la Société de ses travaux sur l'optique et

notamment de ses montures équatoriales destinées à de grands instruments astronomiques, lunettes et télescopes portant l'observateur.

M. Barrault a résumé les travaux du Congrès de la propriété industrielle et nous a fait connaître la nouvelle loi espagnole sur les brevets d'invention.

M. Asselin a exposé ses principes d'épuration des eaux industrielles par l'oxalate de chaux.

La question des habitations ouvrières à l'Exposition de 1878 a été l'objet d'un mémoire de M. Cacheux et d'une discussion dans une de nos séances, et dernièrement M. Brüll nous a présenté et résumé l'ouvrage de M. Tollet sur les casernes et les logements collectifs.

Dans une séance très intéressante à laquelle assistait M. Ferdinand de Lesseps, MM. Cotard, Molinos, Eiffel et Lavalley nous ont fait connaître leurs vues sur le canal interocéanique de l'isthme de Panama.

M. Cotard a aussi, dans deux autres séances du plus grand intérêt, exposé ses idées et le résumé des données actuellement acquises sur l'aménagement et l'utilisation générale des eaux en France.

M. Soleillet, avant son départ pour un nouveau voyage, nous a entretenus d'un projet de canal de jonction du Sénégal au Niger, montrant quelles ressources nouvelles et immenses et quelle étendue de territoire ce canal ouvrirait au commerce français.

En dehors de ces travaux de nos séances, nos *Bulletins* qui sont au pair jusqu'en novembre de 1879 contiennent des mémoires fort intéressants et de nature bien diverse : questions technologiques, scientifiques, industrielles, et aussi de construction navale et militaire.

MM. Molinos et Seyrig ont, en votre nom, rempli un devoir et satisfait au désir de nos cœurs en rendant hommage à la mémoire de notre savant, cher et bien regretté collègue et Président de Dion. Dans une sympathique biographie, ils ont raconté sa vie : « sa carrière si bien remplie, qui a été un honneur pour notre profession » ; ils ont résumé ses grands travaux et spécialement ses savants calculs pour les constructions métalliques de l'Exposition de 1878.

Ils ont montré en lui l'homme éminent, le noble et ferme caractère, le grand cœur et l'ardent patriotisme, rappelant qu'en 1870 de Dion accourut de bien loin à la défense du pays, se jeta dans Paris au moment de l'investissement, s'enrôla dans le génie auxiliaire et travailla sous le feu de l'ennemi, au Drancy, au Bourget, à Champigny, aux Hautes-Bruyères; et quand ensuite il reçut, comme récompense, la croix d'officier de la Légion d'honneur, ce fut sans l'avoir demandée, sur l'initiative spontanée de ses chefs, « ce n'est pas au milieu de l'effondrement de la patrie qu'il aurait, pour la première fois de sa vie, songé à lui. »

Nous remercions chaleureusement MM. Molinos et Seyrig.

Dans cette même année, Messieurs, s'est accompli un événement qui a aussi bien fait vibrer les cœurs de beaucoup d'entre nous, fils de l'École centrale des Arts et Manufactures. Le cinquantenaire de cette École du génie civil a été célébré avec la solennité, l'éclat et la cordialité que vous vous rappellerez longtemps. Notre cher collègue M. de Comberousse a écrit, et publié alors l'histoire de cette École et, en faisant hommage à notre Société d'un exemplaire de ce monument de piété filiale, il a réveillé de nouveau chez nous tous, les anciens élèves, avec les souvenirs de notre jeunesse, les sentiments de profonde reconnaissance que nous gardons envers ces illustres et vénérés maîtres, à qui nous devons notre éducation d'ingénieurs, et à qui, aussi, toutes les sciences industrielles doivent tant.

Nos travaux, Messieurs, ont donc été assez variés, assez abondants. Notre Société continue, d'ailleurs, à progresser; en décembre de 1878, le nombre des Membres était de. 1526
Il est aujourd'hui de. 1577
98 admissions ont plus que compensé les pertes en nombre.
Notre situation financière est aussi en excellentes conditions :

L'avoir de la Société s'élève à.	278 399	81
Il était l'année dernière.	259 495	34
Différence en plus ou accroissement.	18 904	47
L'année dernière, au 20 décembre 1878, il nous était dû.	16 579	
Cette année, il ne nous est dû, en cotisations à recouvrer, que.	11 847	
Différence en moins.	5 730	

Cette année la Société a publié sept *Bulletins*, dont deux de l'année dernière 1878 et cinq de cette année 1879; le sixième de novembre et décembre 1879 sera distribué dans le courant du présent mois de janvier 1880. Nos publications sont donc aussi au courant qu'on peut le désirer, et l'état de notre Société paraît aussi prospère que possible.

Trois de nos collègues, MM. Emile Müller, Mathieu (Henry), et Taillard ont été promus officiers de la Légion d'honneur; cinq ont été faits chevaliers du même ordre, ce sont : MM. Brisse, Bethouard, Chapman, de Comberousse et Laming.

MM. Couriot, Regnard et Richou ont été nommés officiers d'Académie.

Trois Membres ont été honorés de décorations étrangères :

M. Cottrau a été nommé commandeur de la Couronne d'Italie; M. Jordan a été fait chevalier de l'Étoile polaire de Suède; et M. Nordling a reçu la croix de grand-officier de l'ordre de François-Joseph d'Autriche.

Trois de nos médailles d'or ont été décernées il y a un an, comme vous

savez, à MM. Leger, Ser et Seyrig; notre Président M. Tresca, dans son discours du 10 janvier 1879, vous a entretenus en détail de la valeur et de l'importance des Mémoires couronnés. Nous n'avons plus maintenant de médaille à décerner avant le mois de juin prochain et, conformément à la décision prise en mai dernier par votre Comité, on donnera, en juin 1880, deux médailles pour les travaux de juin 1878 à décembre 1879.

J'aurais voulu, Messieurs et chers Collègues, pouvoir augmenter l'intérêt de quelques-unes de nos vingt et une séances, en y soumettant à la discussion certaines questions de premier ordre et de grand intérêt public dont, paraît-il, le temps n'est pas encore venu ; les circonstances ne l'ont pas permis.

J'aurais voulu, par exemple, voir introduire et discuter, au point de vue technique, économique et national, la question de l'organisation générale des chemins de fer en France; mon désir n'a pu être satisfait.

Dans un avenir certain, prochain peut-être, les circonstances elles-mêmes vous conduiront, je pense, à l'étude de questions d'intérêt général de ce genre, dans les divers ordres d'idées que j'ai indiqués il y a un an et qui, en apparence seulement, peuvent sembler sortir du domaine des Ingénieurs; d'autres Présidents auront alors à conduire prudemment et librement ces discussions fécondes.

Pour moi, mon rôle aura été modeste et je vous remercie de l'indulgence et de la sympathie que vous m'avez constamment témoignées, dans l'accomplissement de la tâche que votre bienveillance m'a imposée.

Je vais maintenant, Messieurs et chers Collègues, céder la parole et la Présidence à nôtre éminent collègue et cher camarade M. Gottschalk, si sympathique à nous tous et dont vous connaissez les travaux. Vous savez de plus, que, lorsque notre France était humiliée, sortant à peine de ses désastres, il s'est souvenu qu'elle avait été, pour lui aussi, une mère, que l'École centrale l'avait nourri de ses fortes et vivifiantes leçons. M. Gottschalk alors, à l'Exposition universelle de Vienne, en 1873, aida puissamment, et de tout cœur, notre cher et honoré président M. Tresca, à relever fièrement le drapeau de la France, en face de l'industrie du monde entier, en attendant le succès éclatant de 1878, qui fut pour nous l'heureux présage de la délivrance à venir, de l'ère d'union entre les peuples affranchis, dans le travail, la paix et la liberté.

Et aujourd'hui, Messieurs et chers Collègues, sous l'impression de ces souvenirs et de ces espérances, en quittant ce fauteuil, j'adresse en votre nom, à notre cher président M. Gottschalk tous nos remerciements et l'expression de notre bien cordiale et profonde sympathie.

M. Gottschalk prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Messieurs et chers Collègues,

C'est un usage établi parmi nous que le nouveau Président adresse à la réunion, qui vient de l'élire, d'abord ses remerciements, ce qui n'est que l'accomplissement d'un devoir bien doux, ensuite un discours, ce qui ne laisse pas que d'être une tâche moins facile, après les excellentes paroles que vous venez d'entendre, pour un homme qui a passé sa vie dans les travaux industriels et qui n'a pas l'habitude de parler en public. Je n'essaierai point de m'y soustraire.

Vous ne pouvez douter de ma gratitude, mes chers Confrères, et vous me voyez profondément touché du nouveau et précieux témoignage d'estime et de confiance que vous venez de m'accorder, voulant sans doute honorer, en ma personne, celui de vos collègues, qui s'est le plus longtemps, depuis un quart de siècle, trouvé associé aux œuvres de l'initiative privée française à l'étranger.

Je n'ignore pas les obligations que je contracte, vis-à-vis de vous, en acceptant un poste que je n'osais pas ambitionner; et pour en apprécier l'étendue et le poids, il me suffit de me rappeler les noms de mes devanciers et particulièrement les titres qu'avait à vos suffrages l'habile ingénieur, le grand constructeur auquel je succède, et qu'avant tout, il est de mon devoir de remercier en votre nom, pour le zèle et le dévouement avec lesquels il s'est acquitté de ses fonctions.

Je m'efforcerai, Messieurs et chers Collègues, en suivant son exemple, de me montrer aussi digne que possible de la haute mission que vous m'avez confiée.

Quant au discours, vous me permettrez, en raison de mon inexpérience, de réclamer d'avance toute votre bienveillante indulgence.

En ma qualité d'ancien ingénieur en chef de chemins de fer, ayant eu l'honneur de débuter dans la carrière sous les ordres et les auspices de notre illustre et regretté maître, Eugène Flachat, vous trouverez tout naturel que je traite tout d'abord avec vous de questions relatives aux chemins de fer, d'autant plus que l'une d'elles est devenue la préoccupation dominante du jour.

Messieurs, j'ai entendu et j'entends encore souvent dire que les Ingénieurs français ne sortent pas volontiers de leur belle patrie pour aller voir ce qui se fait ailleurs.

Ce reproche n'est pas rigoureusement fondé et votre nouveau Président est lui-même, par ses séjours prolongés en Angleterre, en Russie et en Autriche, et ses nombreux voyages en Allemagne, voire même en Italie et en Espagne, un exemple de ce qu'ont fait beaucoup d'Ingénieurs lancés dans la carrière des chemins de fer. Il serait plus vrai de dire qu'un grand nombre d'entre nous ont emporté à l'étranger des idées préconçues et ont trop oublié que rien n'est absolu, surtout en industrie.

N'examinons pas l'influence que cette manière de voir a pu exercer ; laissons à d'autres le soin de faire l'histoire intéressante des œuvres de l'industrie privée française en Europe.

Contentons-nous de rappeler, ce que vous savez tous, c'est qu'aucun pays plus que la France n'a fait de grandes entreprises à l'étranger et que, par conséquent, aucun n'a eu plus d'occasions d'y envoyer des ingénieurs.

Une chose particulièrement intéressante, Messieurs, et que sans doute vous attendez de moi, c'est la comparaison que de lointains voyages et qu'un long séjour à l'étranger m'ont permis de faire entre les différents systèmes de construction et d'exploitation des chemins de fer.

Les méthodes de chaque pays ont, comme toute chose, leurs avantages et leurs inconvénients; le problème pour l'ingénieur consiste à profiter des uns, en évitant, autant que faire se peut, les autres.

L'Angleterre s'est, au point de vue de la construction comme à celui de l'exploitation, placée dans les conditions les plus pratiques, en faisant la plus large part à l'initiative privée et à la libre concurrence.

Aucun pays ne possède de voies mieux établies, plus aptes à supporter un grand trafic et surtout les grandes vitesses, dont l'opinion publique semble faire aujourd'hui une condition aux Compagnies de chemins de fer, sans se douter des conséquences qui en résultent.

La solidité des voies, l'organisation excellente des signaux, aboutissant au block-system, la bonne appropriation des machines et du matériel en général à l'organisation des trains directs à grande distance, l'application sur une vaste échelle de freins continus, les bonnes dispositions et la concentration des gares, l'application des appareils mécaniques et hydrodynamiques à la manutention des marchandises, l'organisation du service des magasins et du camionnage, la mise en pratique du droit de passage d'une Compagnie sur les rails d'une autre (running power), la grande simplicité des règlements, dont le recueil peut facilement se mettre en poche, enfin, l'organisation du service du contrôle de l'État, qui vient en aide à l'initiative privée, font des chemins anglais, des modèles que les Ingénieurs de chemins de fer ne doivent jamais perdre de vue.

Les progrès réalisés dans ces dernières années par les chemins austro-hongrois et allemands, sont aussi très considérables et l'on peut dire que les grandes Compagnies autrichiennes, notamment, possèdent, étant donné les difficultés climatériques, d'une part, et les conditions de courbes et de rampes, de l'autre, des organisations inconnues ailleurs.

Leur exploitation de chemins à voie unique, avec le secours de signaux à cloches, établis à chaque passage à niveau, l'organisation du service des correspondances par les lignes transversales, la discipline et la tenue de leur personnel, méritent d'attirer l'étude et l'attention des hommes du métier.

Leur matériel un peu lourd, mais très bien établi, surtout en ce qui concerne les appareils de traction et le calage des essieux, offre aux voyageurs un confort remarquable et un chauffage perfectionné et ménage, par

une bonne suspension, qui s'étend même aux wagons de marchandises, la voie qui, autrement et sous l'influence du climat très dur de l'hiver, aurait beaucoup à souffrir.

Les voies y sont solidement établies et bien entretenues.

Les essais, sur une vaste échelle, de voies entièrement métalliques, sont très intéressants à suivre.

Mais ce qui, par-dessus tout, nous a frappé, c'est l'organisation de l'Union (verein) des chemins de fer allemands et austro-hongrois, auxquels sont venus successivement se joindre les chemins hollandais, belges, voire même russes et roumains.

Tous ceux qui, comme nous, ont assisté et pris part à l'élaboration et à la modification des règlements techniques de l'Union, ont pu juger des avantages de cette entente entre plus de cent chemins différents, appartenant aussi bien à des États qu'à des Compagnies.

Des réunions périodiques et extraordinaires, auxquelles sont appelés les chefs de service et les principaux employés des chemins de fer, voire même pour les assemblées générales, les Administrateurs de ces chemins, donnent lieu à des échanges d'idées précieux, rapprochent les hommes et leurs avis, font naître et entretiennent des sentiments de confraternité, d'où résulte un accord profitable pour tout et pour tous.

Les règlements généraux, ainsi élaborés et remaniés en commun, deviennent de véritables règles à suivre pour les petites Compagnies, qui, disposant de moins de ressources, n'ont pas le personnel suffisant pour étudier les mêmes questions, et qui bénéficient de la sorte de l'expérience acquise par les grands chemins.

Il en résulte encore que les documents statistiques à fournir chaque année, sont présentés par tous dans la même forme et qu'il devient dès lors facile de faire des comparaisons, qu'on chercherait en vain à tirer de la plupart des comptes rendus aux assemblées générales.

Ne serait-il pas à souhaiter, Messieurs, qu'une institution du même genre, dont le syndicat du chemin de fer de Ceinture n'est que l'embryon, fût enfin créée en France, où il semble que l'entente soit plus facile encore, puisqu'il n'y existe que six grandes Compagnies.

Des tentatives, auxquelles nous avons personnellement pris part à côté d'un des Présidents honoraires de notre Société, ont été faites, en 1869, pour introduire le chemin de l'Est dans la grande union technique du Centre de l'Europe; malheureusement les terribles événements de 1870-1871 sont venus interrompre ces négociations. Elles ont depuis été reprises, en 1877, avec les Compagnies de l'Est et du Nord, et on ne peut que saluer, dans l'avenir, le moment où les règlements actuellement existants, seront remplacés par des règlements internationaux, plus libéraux encore que les premiers, quand les législations européennes le permettront.

Si nous avons cité quelques bons exemples à imiter, puisés à l'étranger, ce n'est pas que nous ayons le moins du monde l'intention de critiquer ce qui existe en France.

Il faut rendre pleine et entière justice à tout ce qui a été fait, depuis l'excellente loi de 1842, qui a permis de construire un réseau de premier ordre de chemins tous productifs, jusqu'aux conventions de 1859 et suivantes qui ont assuré l'achèvement et l'exploitation du réseau secondaire, en associant les grandes Compagnies à l'État par la loi du déversoir.

Il semble que la construction du troisième réseau éprouve plus de difficultés et que, faute d'entente, on en vienne dans ce pays où, depuis vingt-cinq ans, l'initiative privée, non contente de travailler en France, avait été porter son industrie à l'étranger, pour y construire et exploiter plus de 15.000 kilomètres de chemins de fer; il semble, disons-nous, qu'on en vienne à douter de ses propres forces et à reprendre aujourd'hui l'idée, depuis longtemps abandonnée, des chemins de fer de l'État.

Un de nos collègues, M. Level, a fait ressortir, dans une série d'excellents articles connus de nous tous, les conséquences de l'absorption par l'État de toute initiative individuelle, et si je me permets d'insister sur la question, c'est que la Société des Ingénieurs civils est aujourd'hui une des seules institutions libres, dues à l'initiative privée, qui possède sur ces sujets une compétence indiscutable et, qu'à ce titre, elle ne saurait demeurer indifférente à un mouvement d'idées, destiné à exercer une grande influence sur l'activité et la fortune du pays.

Rappelons-nous en effet, que, si malgré la mauvaise récolte générale de toute l'Europe, nous pouvons en ce moment éviter la disette, sans nous exposer à payer sensiblement plus cher que dans les années d'abondance, le blé qui nous est apporté d'Amérique, c'est au bas prix de transport dans ce pays que nous devons de jouir de ce bienfait.

En empruntant quelques chiffres au tout récent ouvrage de notre collègue Ronna sur le blé aux Etats-Unis, nous voyons que, grâce à la libre concurrence entre les voies navigables et les voies ferrées, il s'est produit en Amérique une réduction de 37 pour 100 sur les tarifs moyens de 1871 à 1876.

En 1871.			En 1876.		
De 0f,101	qu'il était,	le tarif moyen tombe à	0f,066,	dans l'État	de Massachussetts.
De 0f,059	—	—	0f,036	—	d'Ohio.
De 0f,057	—	—	0f,038	—	de New-York.

En 1877, une nouvelle baisse amène les tarifs moyens suivants sur les chemins concurrents :

Central New-York.....	0f,035	par tonne et kilomètre.
Chemin de fer Érié.....	0f,030	
Chemin de Pensylvanie.....	0f,028	
Grand Trunk-Canada.....	0f,024	

La réduction des prix de transport réagit naturellement sur les voies navigables et sur le fret de l'Océan; mais son effet le plus marqué est

d'amener peu à peu les Compagnies à diminuer progressivement les frais d'exploitation.

Pratiquement, la navigation a transporté, en 1879, le blé de Chicago à New-York, à raison de 0f,005 par tonne et kilomètre, ce qui n'a pas empêché les chemins de fer d'avoir à convoyer au littoral, dans la même direction, 25,000 tonnes de blé par jour, au tarif de 0f,017 à 0f,013, voire même 0f,011 au mois de juillet dernier.

Ce seraient pour l'Europe et ce sont évidemment pour l'Amérique des tarifs désastreux; mais cela montre jusqu'à quelles limites les Compagnies de chemin de fer peuvent lutter contre les voies navigables, en construisant et exploitant à bon marché.

Or, malgré son personnel d'ingénieurs très distingués, l'État construit et exploite chèrement, parce qu'il n'a pas, comme l'industrie privée, le stimulant de l'intérêt et que, par son essence même, par ses procédés et ses règlements, il est condamné à marcher lentement, en laissant trop peu à l'initiative individuelle.

On estime généralement que la construction par l'État des 15.000 kilomètres de chemins à voie unique, classés parmi les chemins d'intérêt général, reviendra de 200.000 à 250.000 francs par kilomètre.

Or, en prenant pour terme de comparaison, les chemins construits par l'industrie privée, et notamment ceux de la Compagnie des Dombes, qui, selon nous, se prêtent mieux que tout autre à servir d'exemple, par suite des accidents de terrain et de la variété des conditions d'établissement, on voit que le prix de construction de ces chemins varie de 100.000 à 150.000 francs par kilomètre et il semble qu'on puisse affirmer que la dépense kilométrique moyenne du troisième réseau ne devrait pas dépasser cette dernière limite.

Pour atteindre ce résultat, il suffirait d'autoriser les Compagnies concessionnaires à proportionner les établissements de leurs chemins au degré de richesse ou de pauvreté du territoire traversé, en leur laissant toutes facilités pour les raccordements avec les chemins déjà existants et pour les tracés en plan et profil, de façon à éviter les mouvements de terre et les ouvrages d'art dispendieux, à l'aide de courbes de petits rayons et de déclivités un peu fortes.

Pour nous, qui avons dirigé pendant plus de dix ans le service du matériel et de la traction d'un des réseaux les plus difficiles de l'Europe, dans lequel les longueurs cumulées des paliers en alignements droits, atteignaient à peine 15 pour 100 de l'ensemble des lignes, où les rampes dépassaient souvent 7 et 8 millimètres et arrivaient fréquemment à 25 millimètres, et où les rayons de courbure descendaient jusqu'à 180 mètres, nous savons que l'exploitation des sections difficiles est affaire de pure mécanique, et que, si les machines sont bien appropriées au profil, il n'en résulte, pour l'ensemble, qu'une augmentation relativement faible, sur les frais d'exploitation, contrairement à des croyances trop répandues. Or, à l'heure actuelle, il est plus facile de construire une locomotive pour

remorquer des trains de 100 tonnes sur des rampes de 35 millimètres, qu'il n'était aisé de faire une machine pour remorquer un train de 60 tonnes sur la rampe de 25 millimètres, il y a seulement un quart de siècle.

Dès 1871, nous avons été conduit à étudier une locomotive pouvant remorquer un train de 100 tonnes sur la rampe de 40 millimètres, et on peut voir chaque jour, en Suisse, des machines à 6 roues couplées, faisant le service sur des rampes de 50, voire même de 70 millimètres.

Sans atteindre ces limites, que nous trouvons extrêmes, à moins de recourir à des systèmes spéciaux, comme celui de Riggenbach nous en offre un exemple remarquable, nous croyons que, même en ne dépassant pas la rampe de 30 millimètres, on pourrait considérablement simplifier le problème de la construction du troisième réseau, à la condition, bien entendu, de profiter des fortes déclivités pour rendre le tracé facile comme construction et d'y bien approprier le matériel roulant.

La Compagnie des Dombes a atteint le résultat voulu, sans dépasser la rampe de 20 millimètres et sans descendre en dessous de 350 mètres pour les rayons minima de courbure; et malgré les sections difficiles des lignes de Lyon à Montbrison et de Mâcon à Paray le Monial, elle est arrivée à construire, pour moins de 150.000 francs par kilomètre *en moyenne*, des chemins sur lesquels on atteint des vitesses de 50 et 60 kilomètres à l'heure, et qui sont plus que suffisants pour le trafic de la plupart des chemins classés par la loi du 17 juillet 1879.

En rapprochant ce prix de celui de 250.000 francs, indiqué plus haut pour le cas de la construction par l'État, on voit qu'il en résulterait pour les 15.000 kilomètres de chemins d'intérêt général à construire dans un bref délai, à supposer qu'il n'y ait pas de modifications dans le classement de ces lignes, pour faire rentrer les moins importantes dans le réseau des chemins d'intérêt local, une économie d'environ un milliard et demi pour le pays, si la construction en était confiée à l'industrie privée, sans compter les économies à réaliser du fait de délais d'exécution plus courts.

On ne pourrait d'ailleurs prétexter que l'initiative privée manquerait d'élan, car il serait facile de la stimuler par des subventions ou garanties bien calculées de l'État, des départements et des intéressés directs, en appliquant, dans son sens le plus large, la loi de 1865, remaniée en vue de la construction économique du troisième réseau, comme la Chambre vient de le faire en votant la loi relative aux chemins d'intérêt local et aux voies ferrées établies sur le sol des voies publiques; on se réserverait, par contre, un droit de contrôle qui cesse d'être effectif dans le cas de la construction par l'État.

On trouverait ainsi moyen de mettre à profit un personnel expérimenté, un outillage précieux et on arriverait promptement à posséder un nouvel instrument de puissance et de prospérité, et des chemins sur lesquels on pourrait du coup réduire les tarifs dans une large proportion, en tenant compte des prix plus bas de la construction par l'industrie privée.

On pourrait en dire autant des dépenses d'exploitation, car il a été constaté que, pour des chemins placés dans des conditions à peu près semblables, le coefficient d'exploitation est plus élevé sur les chemins de fer de l'État que sur les chemins privés; en d'autres termes, que pour obtenir la même recette, l'État fait une dépense plus forte que les Compagnies.

Voici d'ailleurs pour les années 1874 à 1877, les coefficients pour différents pays :

	EXPLOITATION PAR	
	L'ÉTAT.	LES COMPAGNIES.
Belgique.....	67.03 %	56.49 %
Suède.....	70.1	60.3
Allemagne.....	62.33	51.95
Prusse.....	75.53	66.40

Le fait est que l'État a à subir des exigences d'ordres divers que l'industrie privée peut décliner.

Quelle que soit la cause de ces différences, ces chiffres montrent, en tous cas, combien est grande l'illusion de ceux qui pensent que l'exploitation par l'État conduirait à un abaissement des prix de transport, basé sur les économies à réaliser dans le service de l'exploitation.

Que deviendrait alors la réforme des tarifs, et comment le commerce et l'industrie pourraient-ils trouver plus de sécurité dans les tarifs inflexibles de l'État que dans ceux des Compagnies, directement intéressées dans la question, et d'ailleurs obligées de soumettre leurs tarifs à l'homologation du Ministre, entouré à cet effet des lumières d'un Comité consultatif?

Au surplus, les chemins de l'État n'ont guère réussi à l'étranger. Tous ceux que nous avons connus en Russie, où l'État s'était, dès le début, réservé le monopole de la construction, ont été peu à peu rétrocédés à des Compagnies ou exploités par elles, au grand profit du pays.

Le gouvernement autrichien, réduit dans ces dernières années à construire lui-même quelques chemins stratégiques, et quelques embranchements que l'industrie privée s'était refusée à exécuter, faute de subventions suffisantes, a été amené à céder l'exploitation de la plupart de ces chemins aux Compagnies adjacentes.

Pour bien faire, le gouvernement italien aurait dû imiter ce bon exemple; il eût évité des difficultés inextricables, d'où il ne sortira qu'avec de grands sacrifices, et en ayant recours à un système d'exploitation bien moins avantageux pour lui, que n'eût été le maintien des anciennes Compagnies.

Les débats qui ont eu lieu, dans le courant et à la fin de l'année 1879, au sein du Parlement allemand et dans les Chambres prussiennes, ont permis de voir que l'absorption, par l'État, des Compagnies privées, a de nombreux

et très sérieux adversaires, même en Prusse, où les considérations stratégiques et politiques priment toutes les autres.

Il y aurait beaucoup à dire à ce sujet, si le cadre de ce discours le permettait.

Je ne parle pas de l'Angleterre, où la construction des chemins de fer est du domaine exclusif de l'industrie privée, ni de l'Amérique, où le grand esprit d'initiative du pays avait permis à 814 Compagnies différentes, plus ou moins fusionnées, de porter, dès 1877, à 127,500 kilomètres, le réseau des États-Unis, alors que le réseau européen atteignait à peine 143,000 kilomètres, à la même époque.

A la fin de 1878, le même réseau américain comptait 131,000 kilomètres, et aujourd'hui il y a encore 24,000 autres kilomètres en construction ou concédés.

Ces chiffres parlent d'eux-mêmes en faveur de l'initiative privée.

On ne saurait d'ailleurs prétexter, en faveur de l'absorption par l'État, la question stratégique en France, où le nombre restreint des Compagnies offre une facilité si considérable, au point de vue des transports militaires, et où il suffirait, pour résoudre tout à fait le problème, quel que soit le nombre des Compagnies, d'introduire le plus promptement possible, l'unité des règlements techniques et administratifs, par imitation de ce qui se passe depuis longtemps au centre de l'Europe.

Nous ne saurions trop insister sur cette réforme indispensable, urgente et si facile à réaliser.

Pour nous, qui avons pratiqué et vu pratiquer sous nos yeux les deux systèmes, de l'État et des Compagnies, l'hésitation n'est plus possible, et si le pays veut sérieusement arriver à des réductions de tarifs, sans être grevé d'autre part d'impôts supplémentaires, ce n'est certes pas au système des chemins de fer de l'État, qu'il devra recourir.

L'exemple du passé démontre jusqu'à l'évidence que les chemins de fer n'ont prospéré que par le concours de l'État et de l'industrie privée.

L'État lui-même en a retiré, en dehors de la plus-value des impôts, des avantages considérables, puisque en 1878, pour ne citer que le dernier exercice clos, ses *profits particuliers*, soit en recettes perçues, soit en économies réalisées, se montaient à environ 230 millions, tandis que les Compagnies ne lui réclamaient, pour insuffisance des produits du nouveau réseau, pendant la même période, qu'une *avance* d'environ 35 millions.

Tout commande donc de ne pas se départir aujourd'hui d'un principe qui a été si fécond en bons résultats. Il y a certainement des améliorations à apporter dans l'ordre de choses existant; mais on peut réformer sans détruire.

Et si l'on veut arriver à un grand développement du réseau national, comme cela a eu lieu et a lieu encore en ce moment dans les pays de libre initiative, comme l'Angleterre et l'Amérique, ce n'est certes pas ailleurs qu'il faut aller prendre exemple.

Un grand nombre de nos Collègues seraient à même de traiter cette

question, avec l'élévation qu'elle comporte, et dans le sens pratique qui convient. Aussi est-ce avec empressement que nous attendons la communication déjà annoncée de notre collègue Level, et la discussion qui s'ensuivra.

Les chemins de fer d'intérêt local et ceux établis sur les voies publiques, qui ont été l'objet d'une loi récente, et qui sont appelés à un si grand développement, feront également, je l'espère, le sujet de communications importantes à la Société.

En effet, Messieurs et chers Collègues, n'est-ce pas en traitant en temps opportun ces questions générales, qui intéressent le pays tout entier, que nous affirmerons de plus en plus l'utilité publique de notre Institution, et que nous ajouterons à son importance et à la grandeur de sa mission.

Si donc il n'était pas téméraire d'énoncer à l'avance un programme, je formerais le vœu de voir traiter, dans l'année qui commence, toutes les questions qui intéressent le développement des forces productives du pays.

Par exemple, pour ne pas nous borner à la question spéciale des chemins de fer, avec quel intérêt n'avons-nous pas entendu la communication que nous a faite notre collègue Cotard, sur l'utilisation et l'aménagement des eaux.

Nous espérons bien, qu'après nous avoir montré une carrière nouvelle de progrès à accomplir par le Génie civil, il ne restera pas en si beau chemin, et voudra continuer à entretenir la Société de ses études et de ses travaux.

Dans le même ordre d'idées, nous souhaiterions de voir discuter ici les questions si importantes des ports et des canaux, et d'apprendre ce qui a été fait ou projeté pour contre-balancer les grands travaux de ce genre à l'étranger, en vue du trafic de transit.

Je compte bien aussi que nos anciens Présidents, dont les noms sont présents à toutes les pensées, ne nous refuseront pas le concours toujours si précieux de leurs lumières, pour provoquer à propos des communications sur ces sujets.

Nous ferons un appel du même genre, à un autre de nos anciens Présidents, expert par excellence en la science du feu.

Qui, mieux que lui, pourrait discuter et faire ressortir les avantages et les inconvénients des nombreuses transformations qui s'accomplissent en ce moment dans les arts métallurgiques.

Notre Société ne saurait non plus se désintéresser des grandes questions d'agriculture qui se trouvent si intimement liées à celles des transports.

Notre collègue, Ronna, a bien voulu nous promettre une communication à ce sujet, à propos du nouveau livre qu'il vient d'écrire, et nous espérons qu'il nous entretiendra, en même temps, de la question si vitale pour l'industrie, des traités de commerce.

Viennent ensuite, dans un autre ordre d'idées, les questions de ventilation et de chauffage, dont la solution, si bien étudiée et réussie dans certains cas particuliers, par quelques-uns de nos Collègues, laisse encore, en gé-

néral, à désirer, comme nous l'a prouvé l'hiver rigoureux que nous traversons.

Les Ingénieurs spéciaux et Architectes distingués, qui se sont occupés de ces sujets, seraient les bienvenus à nous faire part de leurs dernières études.

Il nous paraît qu'on a, dans ces dernières années, mieux résolu le problème à l'étranger qu'en France, où le climat, généralement tempéré, n'exige pas les mêmes précautions.

Nous nous contenterons de citer les différents établissements publics et notamment l'Opéra de Vienne, si réussi au double point de vue du chauffage à la vapeur et de la ventilation mécanique.

Messieurs, nous ne vous fatiguerons pas davantage par une plus longue énumération de tout ce qui peut rentrer dans les travaux de notre Société ; nous nous contenterons de vous dire que nous nous efforcerons de provoquer toutes les communications spéciales destinées à nous tenir toujours au courant des progrès réalisés dans toutes les branches de l'industrie.

Un dernier mot, Messieurs et chers Collègues, sur une question particulière et délicate soulevée à la fin de l'année dernière.

Quelques-uns de nos Confrères, animés d'un zèle très respectable en soi, vous le savez, ont reproché à nos Présidents de prendre trop de besogne pour eux-mêmes et de ne pas en laisser assez au Bureau de votre Comité.

Je ne me souviens pas que le Bureau s'en soit plaint beaucoup lui-même.

Bien que je ne puisse encore accepter pour moi ce reproche, je tâcherai de ne pas me l'attirer.

Je m'y efforcerai d'autant plus que de longues années de travaux spéciaux m'ont moins préparé à accepter la tâche, dont vous me faites l'honneur de me charger, qu'à en mesurer les difficultés.

Aussi, n'en serai-je que plus heureux d'en faire un peu porter la responsabilité et le poids sur notre Bureau et notre Comité, et puisque je vous ai beaucoup entretenus aujourd'hui de la nécessité de provoquer partout l'initiative individuelle en maintenant l'union entre tous, je vous promets, mes chers Collègues, de saisir cette occasion de donner, tout le premier, le bon exemple.

Je commencerai dès aujourd'hui par en appeler à l'initiative du Bureau et du Comité pour étudier toutes les questions d'ordre général qui peuvent intéresser la Société.

Par la composition du Bureau, vous nous avez d'ailleurs donné l'occasion de vous montrer l'union qui doit régner entre Collègues qui, quoique sortis d'écoles différentes, font tous partie de la grande famille des Ingénieurs civils et sont tous pénétrés du même désir d'être dévoués et utiles à la Société.

Oui, nous nous efforcerons, de concert, à chercher les améliorations que, sans sortir du cadre très large de nos statuts et de notre budget si bien administré, il serait possible de réaliser.

Ces améliorations auraient, quant à présent, pour objet :

De fixer avec plus de précision les ordres du jour de nos séances, afin d'éviter les déconvenues;

De donner plus de solidité encore aux discussions, en avisant, autant que faire se pourra, d'avance, les membres les plus intéressés à y prendre part;

Enfin, d'encourager les membres nouveaux à nous présenter des Mémoires intéressants qui seront toujours accueillis avec la plus grande bienveillance.

Pour atteindre ce but, nous avons besoin du concours, non seulement du Bureau et du Comité, mais de celui de tous nos Collègues et amis.

Nous en avons besoin pour les Mémoires à présenter, pour prendre part aux discussions et les rendre intéressantes; enfin, pour le recrutement des membres nouveaux, espoir et avenir de notre Société.

Les procès-verbaux des séances du 5 et du 19 décembre 1879 sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Desgrange vient d'être nommé commandeur de l'Ordre du Nichan et que MM. Cacheux et Breguet Antoine ont obtenu les palmes d'officier d'Académie.

Il est donné lecture d'une lettre de M. de Coëne, par laquelle il informe la Société qu'il a réussi à organiser à Rouen une association pour prévenir les accidents de fabriques. Cette association, la seule qui existe en France, est appelée à rendre les mêmes services que ceux que rend à Mulhouse une association semblable créée par M. Engel Dollfus.

M. LE PRÉSIDENT croit devoir dire quelques mots à la Société sur la catastrophe qui a eu lieu récemment en Écosse, au pont de Dundee, sur la Tay (chemin de fer du North-British); comme on le sait, 13 travées de ce pont ont été enlevées au moment du passage d'un train, sous l'influence d'un vent d'une violence extraordinaire et dont la vitesse est évaluée à 40 mètres par seconde, ce qui correspondrait à une pression de plus de 200 kilogrammes par mètre carré. On ignore jusqu'ici les causes réelles de cet accident, attribué soit à un déraillement du train, ce qui paraît peu probable, la vitesse en ce point étant limitée à 40 kilomètres à l'heure, et un contre-rail existant sur toute la longueur du pont; soit au renversement des piles métalliques sur leur base en maçonnerie, par suite de l'effort du vent sur l'ensemble de l'ouvrage.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu une lettre d'un membre de la Société, demandant la formation d'une commission pour étudier les causes de cet accident, ainsi que de celui qui a eu lieu au marché Saint-Martin, à Paris. M. le Président pense qu'il est préférable d'attendre le résultat des enquêtes qui se poursuivent en ce moment et de laisser à l'initiative d'un ou de plusieurs de nos Collègues le soin de se charger de communications à ce sujet : il fera du reste son possible pour tenir la Société au courant de ces questions.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Gautier (Ferdinand), sur les *Progrès de la déphosphoration des fontes et des aciers.*

M. Gautier donne les explications suivantes :

Dans ma communication du 4 juillet 1879, j'ai cherché à vous exposer l'état où se trouvait alors cette question si importante. Il ressortait de cette étude, que deux procédés arrivaient à des résultats d'une certaine valeur : le *procédé Thomas-Gilchrist*, permettant d'obtenir de l'acier Bessemer avec des fontes aussi chargées en phosphore que le sont celles du Cleveland et de la Moselle, et le *procédé Krupp* ou *Narjes-Bender*, produisant des fontes mazées, en partie déphosphorées, et pouvant être utilisées au puddlage ou dans l'industrie Martin-Siemens.

Le *procédé Thomas-Gilchrist*, tel que l'avaient mis en lumière les communications diverses faites à l'Iron and Steel Institute, au meeting de Londres, et les expériences publiques d'Eston près Middlesbrough, aux usines de MM. Bolckow et Vaughan, se présentait avec les caractères suivants :

Emploi d'un garnissage dolomitique remplaçant l'ancien revêtement des convertisseurs en matériaux siliceux.

Addition au commencement de l'opération d'un mélange de chaux et d'oxyde de fer destiné à absorber la silice et l'acide phosphorique produits.

Prolongement du soufflage au delà du point d'arrêt ordinaire des opérations Bessemer.

Détermination de la fin pratique de la déphosphoration par une série de prises d'essai et de tâtonnements.

Dans ces conditions on arrivait, avec des fontes à 15 millièmes de phosphore, à réaliser des aciers très peu carburés, qui ne renfermaient plus que 1,5 millième de phosphore; mais il y avait dans cette manière d'opérer des causes multiples de refroidissement. Pour éviter les projections, on ne traitait qu'une petite charge dans un grand convertisseur, ce qui augmentait les pertes par rayonnement. L'addition de l'oxyde de fer était aussi un élément notable d'abaissement de température de l'opération; enfin, les tâtonnements de la fin faisaient perdre un temps précieux.

Pour obvier à ces inconvénients, on traitait des fontes ayant jusqu'à 3 pour 100 de silicium, dont le pouvoir calorifique est très élevé. Mais alors on se trouvait dans un cercle vicieux. Il fallait forcer les additions basiques, pour absorber la grande quantité de silice ainsi produite; car, on ne pouvait en laisser plus de 20 pour 100 dans la scorie, sans compromettre la stabilité des phosphates formés.

Au moment de la recarburation, cette scorie, très fluide, se laissait d'ailleurs traverser par l'oxyde de carbone résultant de la réaction du carbone du spiegel sur l'oxyde de fer du bain. Il se produisait alors une rephosphoration partielle du métal épuré : un millième de phosphore environ s'ajoutait à celui que l'on avait laissé dans l'acier et ne pouvait provenir vraisemblablement que de l'action du manganèse du spiegel ou

de l'oxyde de carbone, sur les phosphates de la scorie. Ces réactions, d'ailleurs, quelle que fût leur nature, se produisaient avec violence; l'addition finale devait être faite en plusieurs fois, pour éviter une projection trop brusque de la scorie hors du convertisseur.

Le métal obtenu restait froid; de forts fonds de poche venaient augmenter le déchet et le portaient à 18 et 20 pour 100; c'est-à-dire qu'il fallait environ 1200 kilogrammes de fonte, prise au fourneau, pour obtenir 1000 kilogrammes de lingots d'acier, tandis que 1130 ou 1140 suffisent, quand la fonte est pure et est soumise au traitement ordinaire du procédé Bessemer. Les rebuts, au laminage, atteignaient 10 pour 100 au mois de mai dernier et ne descendirent guère au-dessous de 5 pour 100. Il ne manquait donc pas de progrès à réaliser, et cette nécessité s'imposait pour donner à l'invention de MM. Thomas et Gilchrist un véritable caractère pratique.

Progrès en Angleterre. — La première question qui préoccupa les Ingénieurs anglais, fut la diminution de l'addition basique, dont le rôle absorbant se compliquait d'une action réfrigérante très marquée. On supprima l'oxyde de fer et on insuffla la chaux par un artifice analogue à celui dont on s'était servi à Neuberg, dans le traitement au Bessemer des fontes blanches et truitées, pour entraîner par le vent de la poussière de charbon de bois. On arriva ainsi à éliminer la moitié du phosphore, tout en conservant 2 1/2 pour 100 de carbone, tandis que dans l'ancienne manière d'opérer, quand le carbone descendait de 3,5 à 2,5, la diminution de phosphore n'était guère que de 5 à 6 pour 100. La suppression de l'oxyde de fer diminua le refroidissement; elle protégea le garnissage, la scorie étant moins corrosive; mais, en même temps, il se produisit des engorgements à l'orifice du convertisseur; et, pour y remédier, on modifia la forme de celui-ci. On surmonta la demi-sphère inférieure d'un cône droit que l'on tronqua largement, les gaz alors se dégagèrent librement et les projections retombèrent dans le bain, sans encombrer le gueulard.

Pour supprimer les explosions finales, qui résultent, comme nous l'avons dit, de la réaction trop vive de l'oxyde de fer du bain sur le carbone du spiegel ou du ferromanganèse, on appela à son aide le silicium. En agissant sur l'oxyde de fer dissous, le silicium donne naissance à de la silice, qui reste dans le bain et n'a aucune tendance à être projetée au dehors.

$$3\,Fe^3O^4 + Si = 9\,FeO + SiO^2.$$

Si le silicium se trouve en présence d'oxyde de carbone, formé par l'action inévitable que le carbone, qui l'accompagne, exerce sur l'oxyde de fer du bain,

$$Fe^3O^4 + C = 3\,FeO + CO,$$

le silicium décompose ce gaz, en donnant naissance à de la silice, et à un dépôt de carbone, qui se redissout dans le métal,

$$Si + 3\,CO = 3C + SiO^2.$$

On se rappelle que c'est cette réaction, qui explique la formation des aciers sans soufflures, au moyen du silicium.

Cette addition de silicium se fit à Eston sous forme de fonte grise à 3 pour 100 de silicium. Conformément à la théorie précédente, le dégagement d'oxyde de carbone, qui donnait aux opérations sursoufflées un caractère dangereux, fut entièrement supprimé; l'addition complémentaire de spiegel, destinée à enlever par le manganèse les dernières traces de l'état rouverain et à communiquer au métal le degré de carburation convenable, se fit avec calme et précision.

Pour simplifier, on proposa en France, l'emploi du siliciure de fer et de manganèse, qui devait avoir plusieurs avantages importants. D'abord, il réduisait les additions à une seule; de plus, dans ces alliages à haute teneur en silicium, le carbone est en très faible proportion, ne dépassant pas quelquefois 1 et 1/2 pour 100; on réduisait donc au minimum la chance de production d'oxyde de carbone; ajoutons enfin que la présence simultanée du manganèse et du silicium devait, sous une action oxydante, amener la production d'un silicate de fer et de manganèse très fusible et, par suite, donner beaucoup d'homogénéité au métal.

L'essai du siliciure de fer et de manganèse ne fut fait, en Angleterre, que dans des conditions imparfaites; l'alliage n'avait que 3 pour 100 de silicium et ne permit pas d'obtenir tout l'effet qu'on en attendait.

On se rappelle que les expériences d'Eston avaient mis en évidence un phénomène singulier : le métal déphosphoré à 0,140 se trouvait porté subitement à 0,235 de phosphore après l'addition du spiegel. Comme le spiegel renferme du carbone et du manganèse, c'est à la présence de l'un ou l'autre de ces corps et à leur action sur le phosphate de la scorie qu'il fallait attribuer cette rephosphoration, dépassant quelquefois 1 millième. Le silicium, en combattant l'oxyde de carbone, supprima en même temps la rephosphoration, ce qui donnerait raison à l'opinion attribuant cette augmentation de phosphore à l'action de l'oxyde de carbone sur la scorie.

Un autre moyen d'éviter la rephosphoration a été essayé à Eston. On coulait pêle-mêle métal et scorie dans une première poche munie d'une quenouille et d'un orifice de fond; dans une seconde poche, on faisait rendre le métal seul et c'est là, qu'à l'abri du contact de la scorie, se faisait l'introduction du spiegel. Cette disposition réussit assez bien, mais on y renonça devant le refroidissement supplémentaire qui en résultait et qu'il était facile de prévoir.

Enfin, pour répondre à certaines critiques exprimées sur l'exactitude des diagrammes représentatifs de l'oxydation relative des différents éléments qui accompagnent le fer dans la fonte traitée, M. Richards soumit, au meeting de l'Iron and Steel Institute, à Liverpool, le résultat de prises d'essai espacées de trois en trois minutes depuis le commencement de l'opération.

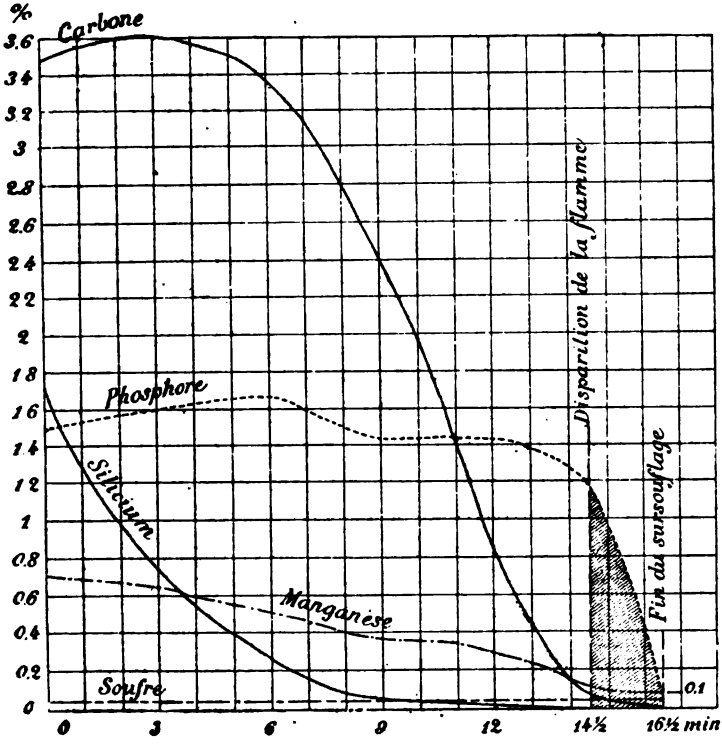
Métal.

Temps écoulé :	0	3′	6′	9′	12′	14′ 1/2	16′ 1/2.
Phosphore.....	1,5	1,6	1,63	1,43	1,42	1,2	0,08
Carbone.....	3,5	3,6	3,4	2,4	0,9	0,075	»
Silicium.....	1,7	0,8	0,28	0,05	0,01	0	0
Manganèse.....	0,7	0,62	0,55	0,37	0,28	0,13	0,1
Soufre.....	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Scories correspondantes.

Temps écoulé :	3′	6′	9′	12′	14′ 1/2	16′ 1/2	16′ 35″.
Silice.....	32,60	42,60	36,00	35,60	33,00	15,60	16,60
Acide phosphorique.	0,60	0,15	1,60	2,61	5,66	15,06	16,03
Fer.....	5,65	2,00	4,60	4,80	6,15	10,45	11,35

Ces résultats se traduisent par le diagramme suivant :



En résumé, les perfectionnements apportés en Angleterre ne modifient pas la nature de la matière première employée. Celle-ci reste toujours *une fonte très grise et très siliceuse,* relativement difficile et coûteuse à réaliser.

Progrès en Westphalie. — Les modifications les plus importantes, apportées au procédé Thomas-Gilchrist, nous arrivent de l'usine de Hörde. Le directeur, M. Massenez, et l'ingénieur, M. Pink, ont donné au meeting métallurgique de Dusseldorf (general Versammlung des technischen Vereines für Eisenhüttenwesen) tenu le 15 décembre 1879, des renseignements très détaillés, que nous avons tout lieu de croire exacts.

La déphosphoration fut essayée le 22 septembre 1879 et tout d'abord, M. Massenez (pour emprunter son langage imagé) *déclara une guerre acharnée au silicium, pour faire un pacte d'amitié avec le phosphore.*

Il prétend, avec des fontes blanches à 1/2 pour 100 de silicium, 2 1/2 pour 100 de carbone et plus de 2 pour 100 de phosphore, réussir à faire des aciers ayant de 3 à 6 dix-millièmes de phosphore.

Voici quelques renseignements numériques communiqués par l'usine de Hörde.

DÉSIGNATION.	FONTE DE HÖRDE.		FONTE DU LUXEMBOURG.
	GRISE.	BLANCHE.	
Silicium	1,50 à 2,85	0,36	1,218
Phosphore	1,30 à 1,01	1,70	1,726
Soufre	0,01 à 0,07	0,16	0,173
Manganèse	1,30 à 0,65	1,30	0,497
Carbone	3,60 à 3,34	2,30	3,122

Opération n° 67.

Fonte grise de Hörde	1,200 kil.
Fonte blanche de Hörde	1,500
Scraps d'acier	500
Spiegel	210
	3,410
Rendement	3,087

DÉSIGNATION.	PHOSPHORE.	CARBONE.	SOUFRE.	MANGANÈSE.	SILICIUM.
Fonte	1,04	2,58	0,22	1,35	1,08
Après 11′ 3/4	0,82	0,08	0,19	0,39	0,09
Après 100″ de sursoufflage.	0,08	0,06	0,15	0,39	0,007
15″ plus tard	0,045	0,04	0,14	0,37	0,005
Produit final	0,06	0,28	0,067	0,46	0,002

Opération n° 68.

Fonte grise de Hörde	1,200 kil.
Fonte blanche	1,500
Scraps	600
Spiegel	210
	3,510
Rendement	3,126

DÉSIGNATION.	PHOSPHORE.	CARBONE.	SOUFRE.	MANGANÈSE.	SILICIUM.
Fonte	0,96	2,82	0,16	1,04	0,45
Après 14′	0,70	0,09	0,16	0,40	0,02
Après 110″ de sursoufflage.	0,09	0,085	0,15	0,33	0,003
15″ plus tard	0,05	0,081	0,09	0,29	—
Produit final	0,06	0,26	0,009	0,31	—

Opération n° 69.

Fonte grise	900 kil.
Fonte blanche	1,800
Scraps	600
Spiegel	210
	3,510
Rendement	3,156

DÉSIGNATION.	PHOSPHORE.	CARBONE.	SOUFRE.	MANGANÈSE.	SILICIUM.
Fonte	1,04	0,73	0,25	1,27	0,72
Après 12′	0,74	0,08	0,18	0,45	0,14
Après 120″ de sursoufflage.	0,06	0,07	0,12	0,19	0,004
Produit final	0,06	0,24	0,063	0,40	—

Le total de ces trois coulées consécutives, donne :

Matières traitées	10,430	1,120
Rendement	9,310	1,000
Déchet	1,120	120

Le poids total de la scorie serait de 2,250 kilogrammes.

SCORIES FINALES.

DÉSIGNATION.	(*a*)	(*b*)	(*c*)
Silice	9,50	13,81	11,10
Acide phosphorique	9,76	7,38	12,43
Oxyde magnétique Fe^3O^4	9,28	6,92	11,25
Protoxyde de fer	»	1,41	»
Protoxyde de manganèse	6,16	6,20	4,40
Chaux	59,35	57,85	50,21
Magnésie	5,01	6,93	9,84
Sulfure de calcium	0,87	0,22	1,15
Alumine	traces.	traces.	traces.
Totaux	99,93	100,72	100,38

Les scories (*a*) et (*b*) appartiennent à diverses opérations; l'analyse (*c*) est la moyenne de ce que donnent les trois opérations 67, 68 et 69.

On remarquera seulement des traces d'alumine. Déjà, à Eston, avec des briques à 10 pour 100 d'alumine, on ne retrouvait que 1,30 pour 100 de ce corps, dans la scorie; il semble donc que l'alumine ait moins de tendance que la chaux et la magnésie à se laisser attaquer sous la double action de la silice et de l'acide phosphorique.

Quant au métal, essayé à la traction, il aurait donné :

DÉSIGNATION.	CHARGE DE RUPTURE en kilogrammes par millim. carré.	ALLONGEMENT pour 100.	CONTRACTION pour 100.
Opération n° 67	50k,1	20,6	44,8
Opération n° 68	53 ,5	22,0	47,0
Opération n° 69	54 ,3	19,2	42,0

La longueur de la partie essayée n'est pas indiquée :

A Hörde, on a fait aussi du métal pour tôle, donnant 39 kilogrammes de résistance par millimètre carré et 70 pour 100 de contraction.

Il est regrettable que des nombres, relatifs à des coulées plus phosphoreuses encore, n'aient pas été communiqués.

Ce qui caractérise les expériences si intéressantes entreprises dans le bassin de la Rühr, c'est la substitution du phosphore au silicium, comme élément calorifique, au Bessemer. On ne connaissait, jusqu'à présent, que deux corps, dont la combustion pût développer et maintenir la température nécessaire à l'opération : le *silicium*, et, au besoin, le *manganèse*, le premier ayant un pouvoir calorifique de 7830, d'après les recherches récentes de Troost et Hautefeuille ; et le second, de 8000, d'après les mêmes auteurs. Les ingénieurs de Hörde nous présentent un troisième corps, le

phosphore, dont la combustion serait, à poids égal, un élément de chaleur au moins aussi intense que le silicium et le manganèse. D'après Laplace et Lavoisier, le pouvoir calorifique du phosphore, se transformant en acide phosphorique, serait de 7500 calories, et si on compare les produits de la combustion, l'acide phosphorique d'une part, la silice, l'oxyde de manganèse, de l'autre, laissant au contact du bain toute la chaleur produite, on n'est plus aussi étonné de ce nouveau rôle joué par le phosphore.

On prétend même que l'usine de Hörde a spécifié, dans un marché de fonte phosphoreuse pour Bessemer, que celle-ci renfermerait : AU MOINS 2 *pour* 100 *de phosphore*, AU PLUS 1 *pour* 100 *de silicium et* AU PLUS 2 *millièmes de soufre*.

On parle également de la fabrication d'alliages spéciaux de fer et de phosphore destinés à introduire la quantité de ce dernier corps nécessaire à l'opération. (M. Gautier présente à la réunion des échantillons de phosphure de fer à 22 pour 100 de phosphore. C'est un corps d'un blanc d'argent, irisé dans les cassures, très difficile à attaquer par les acides.)

La substitution du phosphore au silicium a pour effet de faire prédominer les phosphates dans la scorie; ceux-ci sont beaucoup moins corrosifs que les silicates et l'usure du garnissage est moindre.

L'opération est conduite à Hörde d'une manière notablement différente de ce que nous avons vu dans les usines Bolckow-Vaughan.

Dès qu'une charge vient d'être terminée, on met dans le convertisseur l'addition de chaux de la charge suivante, soit 20 pour 100 environ du poids de la fonte à traiter. On y ajoute du coke et de la houille en gros morceaux, on relève l'appareil et on souffle. L'hydrate de chaux est décomposé et les dernières traces d'acide carbonique sont expulsées. On diminue ainsi les projections et explosions partielles, qui étaient fréquentes avec l'ancien mode de travail, et on combat en partie le refroidissement qui accompagnait les additions froides faites au commencement. Ce n'est que plus tard qu'on charge la fonte.

A cause de la faible quantité de silicium que contient la fonte et probablement aussi par la présence d'un peu de coke du chauffage préalable, on aperçoit immédiatement la raie jaune du sodium, et le spectre ne tarde pas à s'épanouir.

L'opération est notablement raccourcie et dure de 8 à 15 minutes au plus. L'observation montre que l'oxydation du phosphore ne commence qu'après l'élimination de la majeure partie du silicium et après la combustion d'une notable proportion de carbone. Cependant la déphosphoration serait plus rapide qu'à Eston; aussi le sursoufflage n'a-t-il pas besoin d'une aussi longue durée. Il a varié entre 100 et 240 secondes; mais ordinairement 100 à 150 secondes suffisent. Quand on connaît d'avance la nature de la fonte traitée, on peut régler l'opération par le temps écoulé depuis la disparition du spectre et la cessation de la flamme. Il suffit alors d'une prise d'essai. On coule un petit lingot au moyen d'une cuiller que l'on plonge dans le convertisseur. On martèle, on refroidit et on casse.

L'aspect de la cassure est assez caractéristique pour indiquer l'augmentation de sursoufflage à donner. Les ingénieurs de Hörde prétendent même trouver dans l'aspect des fumées un caractère de la fin de la déphosphoration pratique. Quand il n'y a pour ainsi dire plus de phosphore, l'oxygène du vent se porte tout entier sur le fer et le manganèse, et l'on voit alors des fumées abondantes d'une intensité toute spéciale, provenant de l'entraînement des oxydes de fer et de manganèse. Il n'y aurait d'ailleurs pas de projections pendant l'opération, ce qui est surprenant pour des fontes à peu près blanches. Il faut donc qu'à ce point de vue, le phosphore joue le rôle protecteur du silicium et empêche la réaction de l'oxyde de fer sur le carbone d'être trop violente.

L'opération se termine par l'addition de spiegel. On ne signale ni explosions ni rephosphoration du métal déphosphoré. Il y a là quelque chose qui demande une explication; car les ingénieurs de Hörde ne semblent pas avoir recours aux additions siliceuses, et on ne voit pas bien comment le carbone du spiegel réagirait moins tumultueusement ici, sur l'oxyde de fer du bain, parce que la fonte était moins siliceuse et renfermait plus de phosphore.

Le garnissage, dont nous n'avons pas encore parlé, parce qu'il ne présente aucun caractère nouveau, est fait avec des briques dolomitiques ayant la composition suivante :

	Avant cuisson.	Après.
Silice	2,14	9,43
Fer et alumine	0,62	4,13
Carbonate de chaux	55,05	»
Carbonate de magnésie	42,50	»

Ces briques, comme celles que l'on employait à Eston, sont longues et difficiles à cuire. Il faut 36 heures d'allumage, un feu excessivement vif pendant 100 heures et un refroidissement lent, d'une durée également de 100 heures. La dolomie de la Rühr que l'on emploie, n'est ni rare ni coûteuse, mais on parle de cinq tonnes de houille pour cuire une tonne de briques.

Ces garnissages basiques résisteraient à une centaine d'opérations; c'est déjà un joli résultat; mais les convertisseurs avec garnissage siliceux ordinaire supportent un millier d'opérations avant d'exiger une réfection, qui est généralement causée, plutôt par des engorgements, que par la corrosion.

Quant aux fonds, ils sont faits en pisé avec des débris de briques basiques agglomérées par du goudron. On n'emploie pas de tuyères; on perce dans la masse les trous nécessaires à l'introduction du vent. Ces fonds résisteraient à une quinzaine d'opérations, soit la moitié de ce que durent les fonds siliceux ordinaires. Leur détérioration semblerait due, bien plus à une action physique qu'à une décomposition chimique. Peut-être, en augmentant la pression du vent, diminuerait-on les chocs de la masse

liquide et calmerait-on les remous destructeurs, comme on l'a observé en Suède.

Le déchet, s'il faut en croire les ingénieurs de Hörde, ne serait pas plus fort que dans leurs opérations ordinaires avec fonte d'hématite, 10 à 11 pour 100 environ, tandis qu'avec les fontes siliceuses du Luxembourg, dans les mêmes convertisseurs basiques, il atteindrait 15 pour 100. M. Massenez en donne l'explication suivante : 1 partie de silicium exige au moins 2 parties de fer pour former un silicate; moins il y aurait de silicium à scorifier, moins il y aurait de déchet sur le fer. C'est vraisemblable, car on a observé depuis longtemps que les fontes siliceuses amènent un plus grand déchet au puddlage. De plus, l'acide phosphorique, dont l'état dans la scorie est très controversé, se combine en partie, au moins, à la chaux et à la magnésie et n'est pas aussi avide de fer que la silice.

Le soufre de la fonte semble s'éliminer aux deux tiers. Que devient-il? On prétend que le manganèse facilite la désulfuration. Il faudrait admettre alors qu'il se forme quelque sulfure de manganèse ou de calcium en dissolution dans la scorie, point qui n'est pas encore élucidé et qui présente une grande importance pour l'avenir du procédé; car, s'il est plus facile et plus économique de produire des fontes blanches, il est à craindre aussi qu'elles ne soient beaucoup plus sulfureuses que les fontes grises et siliceuses obtenues avec le même lit de fusion.

Je n'insisterai pas davantage sur ce qu'il y a de nouveau, de paradoxal même dans ce fait, de rechercher le phosphore, d'en ajouter, au besoin, pour faciliter son élimination ultérieure.

Essais en Autriche. — L'usine de Witkowitz, située en Moravie, sur le prolongement du bassin houiller de la Silésie, parvient difficilement à se procurer les minerais d'une pureté suffisante pour le traitement au Bessemer; le fonds de son alimentation était encore, dans ces derniers temps, le fer carbonaté d'Eisenerz, à l'extrémité de la Styrie. Aussi, comprenant tout l'intérêt du procédé Thomas-Gilchrist, cette usine fut, sur le continent, la première à essayer de le mettre en pratique.

Les briques employées pour le garnissage avaient la composition suivante :

Chaux et magnésie	96
Alumine et oxyde de fer	2
Silice	2

Ce que les essais de Witkowitz présentent surtout de nouveau et d'intéressant, c'est l'emploi de deux convertisseurs, l'un à garnissage siliceux ordinaire, l'autre à garnissage basique avec *transvasement* du métal de l'un dans l'autre, pendant l'opération.

Une poche recevait la fonte venant du haut fourneau, et qui avait la composition suivante :

Carbone	3,5 à 4
Silicium	2,5
Phosphore	0,17

C'est, on le voit, une fonte très peu phosphoreuse, et qui aurait pu se passer parfaitement du traitement spécial qu'on lui a fait subir; on aurait pu en faire de bons rails en laissant très peu de carbone et terminant avec du ferromanganèse.

La fonte, traitée d'abord dans le convertisseur siliceux, donna un métal ayant la composition suivante :

Carbone	0,22
Silicium	0,81
Phosphore	0,20

Ce métat fut coulé dans une poche, que l'on remonta au moyen d'une locomotive au niveau du convertisseur basique, où se termina l'affinage.

L'acier obtenu avait la composition suivante :

Carbone	0,14
Silicium	traces.
Phosphore	0,036

On n'a pas donné sur l'opération de détails suffisamment circonstanciés; on ne sait pas, par exemple, s'il y a eu sursoufflage pour une si faible quantité de phosphore.

Le déchet fut de 18 pour 100; quant au produit, il fut d'excellente qualité, comparable à ce que donnent en Autriche les meilleures fontes au bois. Des barrettes de 100 millimètres de longueur ont donné à la traction :

Résistance	45 kil.
Allongement pour 100	29
Contraction pour 100	62

Mais ce qui semble résulter du transvasement, tel au moins qu'il a été pratiqué, avec un matériel imparfait, c'est qu'il a prolongé l'opération de 15 minutes et causé un grand refroidissement.

Déphosphoration sur sole. — La *déphosphoration sur sole* est loin d'avoir atteint des résultats aussi rapprochés de la pratique que la déphosphoration au Bessemer.

La question de la production d'acier déphosphoré sur sole préoccupe beaucoup les métallurgistes; mais, depuis ma communication du 4 juillet dernier, il n'a paru que quelques renseignements complémentaires sur les essais du forno-convertisseur Ponsard, en Belgique. On se rappelle que dans ces expériences la chaleur fut insuffisante et ne permit pas de sortir du four la coulée entière. On ne put donc être renseigné sur la valeur du métal, au point de vue du laminage.

Quoi qu'il en soit, des analyses complètes ont été faites au laboratoire du Creuzot sur les prises d'essai de métal et de scorie.

DÉSIGNATIONS.	FONTE à RAILS Greuzot E	1re PRISE d'essai.	150 kil. chaux, 118 mokta.	2me PRISE d'essai.	Soufflage.	3me PRISE d'essai.	Coulée du laitier; 50 kil. chaux, 37 kil. mokta.	4me PRISE d'essai.	50 kil. chaux, 50 kil. mokta; soufflage.	5me PRISE d'essai.	125 kil. chaux, 125 kil. mokta.	6me PRISE d'essai.	25 kil. chaux, 25 kil. mokta; soufflage.	7me PRISE d'essai.	Coulée; 60 kil. ferro-manganèse à 70 %.	8me PRISE d'essai.
HEURE de la prise d'essai..	.....	2 heures		3h. 02		3 h. 51		4 h. 45		5 h. 45		7 heures		7 h. 25		9 h. 30
Carbone total.....	1,947	1,754		1,572		0,497		0,517		0,150		0,290		0,180		0,405
Silicium.....	0,454	0,151		traces.		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000
Manganèse.....	0,324	0,180		0,170		0,160		0,125		0,075		0,080		0,075		0,225
Phosphore.....	1,611	1,556		1,380		1,104		1,104		0,590		0,359		0,135		0,033
Soufre.....	0,332	0,356		0,279		0,240		0,232		0,285		0,255		0,277		0,267
Silice.....		33,525		21,375		23,500		20,315				17,450		14,786		12,235
Alumine.....		7,370		5,984		7,786		6,372				11,628		8,468		11,328
Protoxyde de fer.....		9,102		10,629		10,215		6,570				14,994		27,198		21,987
Chaux.....		19,850		35,700		35,750		40,200				37,100		33,250		32,850
Magnésie.....		8,784		7,503		8,454		10,394				7,323		6,405		6,917
Acide phosphorique...		1,226		5,556		5,494		4,228				4,962		6,502		2,342
Acide sulfurique.....		1,567		0,812		0,687		0,750				0,260		0,572		1,075
Protox. de manganèse.		17,484		11,070		7,905		9,672				4,500		2,371		11,160
Totaux.....		98,908		96,629		98,791		98,501				98,217		99,552		99,894

On voit que, si le chauffage avait été satisfaisant, on aurait pu, avec des fontes à près de 2 pour 100 de phosphore, obtenir de l'acier en renfermant moins d'un demi-millième.

Déphosphoration par le procédé Krupp. — Le procédé Krupp, ou Narjes-Bender, ne prétend pas enlever à la fonte plus de 80 pour 100 de son phosphore, dans les conditions les plus favorables où on l'applique. Cette déphosphoration accompagne la disparition presque complète du silicium ; le produit qui en résulte, quoique renfermant encore tout son carbone, ne peut donc être utilisé au Bessemer. D'un autre côté, si on a des fontes éminemment phosphoreuses, comme celles du Cleveland, de la Moselle et du Luxembourg, qui renferment 1,5 à 2 pour 100 de phosphore, on obtient un métal mazé ayant encore au moins 0,3 à 0,5 pour 100 de cette impureté, ce qui est beaucoup pour l'emploi au four Martin-Siemens. Il faudrait noyer cette matière phosphoreuse dans un mélange de riblons de première qualité, ce qui est une autre difficulté. Le véritable emploi du procédé Krupp, en dehors de cas particuliers, est donc la *production d'une fonte non siliceuse et notablement déphosphorée* par une opération qui semble assez économique, il faut le reconnaitre. Une semblable fonte, d'un puddlage facile et avantageux, permettrait la production de fers améliorés ; employée directement à la fonderie, elle donnerait des moulages d'une résistance beaucoup plus grande. Voilà, ce nous semble, comment il faut considérer d'une manière générale le procédé Krupp, dont les résultats, fort intéressants sans doute, ne peuvent rivaliser avec le procédé Thomas-Gilchrist, pour la production de l'acier avec des fontes très phosphoreuses.

Pour compléter les renseignements que j'ai déjà donnés, je ferai quelques emprunts à l'étude que M. Holley a publiée sur ce procédé.

Le four est une sorte de four Pernot pour la fusion de l'acier; c'est-à-dire qu'il est chauffé par le système Siemens et que sa sole est tournante : celle-ci a un diamètre extérieur de 4 mètres avec une cuve de 1 mètre de profondeur. Le garnissage, qui a une épaisseur de 20 à 30 centimètres, est obtenu au moyen de blocs de minerai de fer, dont les interstices sont comblés par du menu. On donne un coup de feu pour glacer la surface et on fait tourner le four à la vitesse de 3 à 4 tours seulement par minute. Les réparations se font de la même manière, au moyen d'un mortier de ce même minerai, que l'on applique dans les endroits corrodés.

Les conditions que doit remplir le minerai sont faciles. *Il ne doit pas avoir moins de* 6 *pour* 100 *de silice, pour pouvoir s'agglomérer, et pas plus de* 15 *pour* 100, *pour ne pas fondre*. Quant aux autres éléments il n'en est pas question ; aussi, verrons-nous la déphosphoration se faire avec des minerais ayant 4 pour 100 d'acide phosphorique. C'est un fait que M. Bell avait déjà mis en lumière en déphosphorant la fonte du Cleveland avec le minerai phosphoreux, qui l'avait produite.

Citons quelques exemples de traitement :

FONTE DU PHŒNIX.

DÉSIGNATION.	AVANT.	APRÈS 4 minutes	APRÈS 5 m. 1/2	APRÈS 7 minutes
Carbone	3	3,27	3,27	3,32
Silicium	0,39	0,02	0,01	0,083
Phosphore	0,74	0,16	0,146	0,106
Soufre	0,09	0,024	0,026	0,029
Manganèse	2,32	0,038	0,116	0,058

SCORIE PRODUITE.

Silice	13,0
Oxyde de fer	51,0
Oxyde de manganèse	16,6
Alumine	11,6
Chaux	0,7
Acide phosphorique	6,0
Acide sulfurique	0,2

FONTE D'ILSEDE.

DÉSIGNATION.	AVANT.	APRÈS TRAITEMENT.
Carbone	2,50	2,40
Silicium	0,20 à 0,30	traces.
Phosphore	2,92	0,65 et 0,90
Manganèse	2,60	traces.

DÉSIGNATION.	MINERAI D'ILSEDE.	SCORIE OBTENUE.
Silice	4,80	10,40
Oxyde de fer	52,60	41,00
Oxyde de manganèse	8,36	19,30
Alumine	1,20	2,00
Chaux	11,73	7,30
Magnésie	0,80	0,70
Acide phosphorique	3,83	20,00
Acide carbonique	7,90	—
Eau	7,88	—

FONTE DU LUXEMBOURG.

DÉSIGNATION.	AVANT.	APRÈS TRAITEMENT.
Carbone	3,40 à 3,10	3,30
Silicium	0,46 à 0,59	traces.
Phosphore	2,23 à 2,09	0,65 à 0,95
Manganèse	0,18 à 0,19	traces.

DÉSIGNATION.	MINERAI DU LUXEMBOURG.	SCORIE.
Silice	7,6	9,5
Oxyde de fer	65,0	70,3
Oxyde de manganèse	0,2	2,1
Alumine	3,0	4,1
Chaux	10,2	1,9
Magnésie	2,7	0,3
Acide phosphorique	2,2	11,5
Soufre	0,1	0,3
Eau	9,0	—

Les fontes traitées ne doivent pas renfermer plus de 1 pour 100 de silicium; autrement la sole serait vivement attaquée. Moins il y a de silicium, mieux l'opération marche; on ajoute d'ailleurs un peu de chaux au garnissage en proportion du silicium qu'il y a dans la fonte. Le manganèse est recommandé comme facilitant l'opération, on en ajoute à la fonte sous forme d'un peu de spiegel, quand il n'y en a pas assez. Le manganèse protège le carbone contre l'oxydation, il maintient la fluidité et produit le meilleur effet.

La charge est de 5 à 7 tonnes de fonte. Une fois qu'elle est introduite, on porte la vitesse de la sole à 11 tours par minute. Le bain ne tarde pas à monter au bout de quelques instants; il se fait pendant 2 à 3 minutes un bouillonnement accompagné de dégagement d'oxyde de carbone. En somme, l'opération est très courte, 10 minutes à peine, plus autant pour l'arrêt du four, la coulée, etc. Il faut en tout 1 heure et demie pour la déphosphoration de 5 à 7 tonnes de fonte, la réparation et le réchauffage du nouveau garnissage. Aussi compte-t-on 9 opérations par 12 heures et 80 à 90 tonnes de métal déphosphoré par 24 heures. Le déchet est faible, et varierait de 10 à 2,5 pour 100 au plus, car il y a réduction d'un peu de fer du minerai. Aussi l'opération est-elle peu coûteuse. M. Holley ne donne que les renseignements suivants, qui sont fort insuffisants :

1,025 kilogrammes de fonte à 58 francs	60f r
Fusion au cubilot	4 25
Déphosphoration, garnissage, houille et main-d'œuvre	6 25
	70 50

Nous préférons les indications données par M. Petersen, ingénieur à Eschweiler :

Consommation de minerai, de 18 à 30 pour 100 proportionnellement à la teneur en phosphore, sans compter 6 pour 100 de garnissage initial en oxyde de fer plus riche, mais qu'on ne renouvelle qu'en refaisant complètement la sole;

Houille : 9 pour 100.
Main-d'œuvre : 1 fr. 10 c. environ.
Réparations : 0 fr. 45 c.

même en tenant compte du bas prix de la main-d'œuvre et des matières premières en Westphalie, le procédé Krupp doit être considéré comme ne pouvant être coûteux nulle part.

M. Marché présente une note de M. Lencauchez sur la déphosphoration de la fonte, du fer et de l'acier. L'auteur de cette note l'avait prié d'en donner communication à la séance, et comme il y traite précisément le sujet dont M. Gautier vient d'entretenir la Société, et arrive à des conclusions tout à fait semblables, M. Marché indique simplement que les faits signalés par M. Gautier se trouvent pleinement confirmés dans la note en question (voir page 68).

M. Périssé demande à M. Gautier d'indiquer quelle est la quantité de phosphore qui reste définitivement dans l'acier.

M. Gautier répond que cette quantité est d'environ 6 dix-millièmes, ce qu'il considère comme un résultat satisfaisant.

M. Marché ajoute que M. Lencauchez, dans sa note, cite l'acier obtenu au moyen de fontes blanches de la Moselle, comme ne renfermant que 3 dix-millièmes de phosphore.

M. Lencauchez dit qu'en consultant sa note du 25 novembre dernier on trouvera :

Que dès 1875, M. Grüner, se basant sur les recherches de Berthier avant 1848, indique les moyens de faire des briques et des garnissages en dolomie.

En effet, Berthier dit que si l'on chauffe au feu de forge une composition de :

Alumine.....	50	} = 100.
Chaux.....	35	
Magnésie.....	15	

On obtient un aluminate bien fondu à cassure luisante, cireuse et translucide, couleur brun olivâtre.

De là M. Grüner propose de faire les briques basiques pour la déphosphoration avec des dolomies alumineuses ou d'ajouter un peu de bauxite blanche aux dolomies non alumineuses, soit non argileuses.

Dans ces derniers jours, la pratique a consacré les prévisions de M. Grüner, et les dolomies qui conviennent le mieux pour les briques à déphosphorer doivent, après calcination, renfermer 1 de magnésie pour 2 de chaux. Les oxydes métalliques divers ne doivent pas dépasser 2 à 3 pour 100, la silice et l'alumine réunies 10 pour 100; plus, dans ces 10 pour 100, il y a d'alumine meilleures sont les briques, mais plus difficiles elles sont à cuire.

M. Grüner dit encore, dans une communication à la Société d'encouragement (29 novembre 1878), qu'à très haute température la silice chasse l'alumine de ses combinaisons avec la chaux et la magnésie.

Dans l'affinage des fontes phosphoreuses on a remarqué que le phosphate le plus stable est celui d'alumine, ce qui s'explique bien puisque celle-ci est libre à très haute température.

Le sursoufflage dont on parle tant n'est qu'un mot qui veut dire seulement suroxydation ou fer brûlé, ce que toutes les méthodes et tous les appareils peuvent produire.

Enfin tous les appareils affineurs à parois basiques à moins de 8 pour 100 de silice, à 7 et à 5 seulement si l'on peut, donneront tous, sans exception, des fers et des aciers parfaitement bien déphosphorés, si la scorie écoulée s'éloigne peu de la composition suivante [1] :

Acides....	Silicique.....	7 à 10	 25	= 100.
	Phosphorique.....	18 à 15		
Bases.....	Chaux.....	45 à 55	 75	
	Magnésie.....	*a*		
	Alumine.....	*b*		
	Oxydes de fer divers.....	*c*		
	Oxydes de manganèse.....	*d*		

Quant à la question de soufre dont M. F. Gautier a parlé, on la trouve traitée dans la note de M. Lencauchez (8 mai 1879), lue par M. Brüll le 17 octobre. C'est à la dissociation de l'acide sulfureux en présence de la chaux qu'est due l'accumulation du soufre dans le fer et l'acier affinés sur et contre parois basiques.

1. Un d'acides pour trois de bases.

Séance du 23 Janvier 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 9 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Clément-Desormes.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Marché vient d'être nommé commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique, et M. Carimantrand, chevalier du même ordre.

M. LE PRÉSIDENT signale à l'attention de la Société la débâcle qui va avoir lieu sur la Loire; il pense qu'un de nos collègues, ayant l'occasion de faire un voyage de ce côté, pourrait tirer des événements dont cette débâcle sera accompagnée et aussi des travaux entrepris pour en prévenir les effets, le sujet d'un exposé intéressant pour la Société.

M. COTARD remet un intéressant mémoire de M. Courtines sur les voies de communication interocéaniques à créer à travers l'isthme de Panama.

Ce mémoire a été écrit il y a plus de trente ans, à une époque où le chemin de fer de Panama n'existait pas encore. Il contient beaucoup de vues fort justes que le temps est venu confirmer, et l'ancienneté même de ce travail en augmente le mérite.

L'auteur, après avoir critiqué, au point de vue technique et économique, divers éléments du projet de canal dont on s'occupait alors, et que proposait M. Garella, conclut, à titre de solution pratique, en faveur d'un chemin de fer, en affirmant que les capitaux engagés dans sa construction y trouveraient une large rémunération.

Le chemin de fer a été exécuté, et ses revenus ont confirmé pleinement cette prévision.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cotard d'avoir fait connaître à la Société un document curieux à cause de l'époque à laquelle il remonte et des vues qui y sont développées.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Casalonga, par laquelle il fait connaître, au sujet du marché du Château d'Eau, quelques résultats auxquels l'a conduit l'examen des dimensions des pièces et des conditions d'établissement de la charpente.

M. Casalonga constate, dans sa note, que le travail du métal, sous l'influence du poids de la construction et de la surcharge de neige, devait se faire dans tous les organes dans des conditions convenables, et que, sous ce rapport, une résistance de toute sécurité pour les pièces constitutives du comble semblait être assurée.

La cause qui, selon lui, paraît avoir occasionné la chute serait : d'une part le raccourcissement des tirants sous l'influence de l'abaissement de la température; les arbalétriers, ancrés dans les piliers et dans les murs, ayant résisté à cette contraction, l'un des tirants a dû se rompre sous cet effort et amener une déchirure totale; d'autre part, sous l'influence de la même cause, le raccourcissement des arbalétriers, tendant à ouvrir l'angle au sommet, a pu désorganiser les attaches du faîtage et contribuer à la rupture des tirants, dont la section aurait dû, pour résister à cet effort, être presque doublée.

M. Casalonga pense que si les charpentes avaient simplement reposé sur des plaques de glissement, la rupture des attaches n'aurait pas eu lieu.

M. le Président rappelle que, dans la dernière séance, il a manifesté le désir de voir étudier, par quelques membres de la Société, les causes des accidents qui ont eu lieu au pont de la Tay et au marché du Château d'Eau. M. Casalonga a déjà répondu à cet appel par la lettre dont on vient d'entendre la lecture : c'est un premier aperçu qui indique la voie à suivre dans l'étude de cette question.

M. le Président ajoute qu'en Russie, où le climat est très rigoureux, les charpentes ne sont jamais ancrées des deux côtés, mais d'un côté seulement, de manière à permettre une libre dilatation.

La parole est à M. Bréguet Antoine, pour l'analyse de l'ouvrage de M. Berthelot : *Essai de mécanique chimique.*

M. le Président remercie M. Bréguet de son intéressante communication, qui sera publiée *in extenso* dans le prochain *Bulletin* de la Société.

M. Level donne lecture de sa note sur le classement du réseau complémentaire des chemins de fer d'intérêt général; construction et exploitation des chemins de fer par l'État et l'industrie privée.

Nous entendons exprimer, depuis quelque temps, en matière de travaux publics, des théories qui nous paraissent être absolument contraires aux principes économiques généralement admis et de nature à troubler l'organisme industriel de la France.

En matière de chemins de fer, nous avons toujours pensé que l'exécution par l'industrie privée devait être la règle, et l'intervention de l'État, l'exception. Or, c'est une tendance opposée qui semble prédominer aujourd'hui.

Nous avons toujours vu également que le propre de ces grands travaux était d'être engagés et poursuivis avec ordre et méthode.

Depuis deux ans, c'est-à-dire depuis l'apparition du programme du gouvernement, cette question a déjà un passé ; bientôt elle sera plus gravement engagée. Il est donc grand temps d'en saisir une Société comme la vôtre, qui ne saurait demeurer étrangère à tout ce qui a trait à l'intérêt général. Un système de grands classements a été adopté sans qu'on se soit assez préoccupé de la question de savoir comment seraient établies les lignes classées par la loi du 17 juillet 1879.

Aujourd'hui nous voyons l'État poursuivre seul et en dehors de l'industrie privée, l'exécution des lignes classées, sans se soucier suffisamment des conditions d'exploitation auxquelles elles auront à satisfaire.

Enfin, on paraît vouloir mettre à l'ordre du jour d'un avenir prochain le rachat des réseaux actuellement en exploitation ; mais on ne nous dit pas ce qu'on fera des lignes rachetées et on ne semble pas s'inquiéter de savoir comment on exploitera les lignes classées, lorsqu'elles seront construites.

Nous avons pensé qu'il y avait lieu d'appeler sur ce point l'attention et l'examen de la Société des Ingénieurs civils.

Avant de s'engager davantage dans la voie qu'on a suivie, il est bon de rechercher si cette voie conduit sûrement à l'exécution du grand programme de travaux publics dont le pays attend impatiemment la complète réalisation.

Nous n'avons ni l'intention, ni la prétention d'exposer devant vous la question dans tous les détails qu'elle comporte. Nous voulons seulement en tracer rapidement les grandes lignes, notre but étant de marquer un certain nombre de points, de solliciter vos observations, d'utiliser les résultats de votre expérience personnelle, afin de faire converger nos communs efforts vers l'objectif qui nous intéresse tous : le rétablissement de la vérité économique aujourd'hui méconnue au détriment de l'industrie privée, dont nous sommes les représentants naturels.

Du classement des lignes comprises dans la loi du 17 juillet 1879, nous dirons peu de chose. C'est un fait accompli, et le législateur ne pourrait revenir sur son œuvre que s'il lui était démontré qu'elle est hors de proportion avec les besoins et les ressources financières de la France.

Vous aurez à rechercher si les chemins classés sont véritablement d'intérêt général, malgré leur dénomination.

Une ligne d'intérêt général doit produire des résultats incontestés d'utilité générale, soit en provoquant une transformation économique dans les conditions de la production, soit en faisant réaliser à la consommation publique des économies dans les charges de transport des matières premières. Mais ce résultat ne saurait être atteint au détriment de la masse des consommateurs. L'économie produite doit donc être supérieure à l'intérêt du capital absorbé par les travaux exécutés.

Vous aurez à vous demander si les lignes classées produiront ces résultats et dans quelle mesure ; si, pour atteindre le but qu'on se propose, l'emploi de moyens plus modestes n'était pas suffisant.

Vous aurez à étudier si, dans l'appréciation de l'activité commerciale

d'un peuple, l'avantage est acquis à la nation qui possède le plus grand nombre de chemins de fer, ou à celle dont le réseau est le mieux tracé, le mieux équilibré, qui, avec le minimum de kilomètres, dessert le maximum d'intérêts et absorbe le moins de capitaux.

Vous aurez enfin à rechercher si, dans cet ordre d'idées, un simple chemin de fer d'intérêt local à voie normale ne peut pas satisfaire l'intérêt stratégique qu'on a mis en avant, pour obtenir le classement d'une foule de lignes de minime importance.

Quelques chiffres maintenant pour bien préciser la question.

Au 7 avril dernier, l'État avait à assurer l'exécution de 5,364 kilomètres de lignes déclarées d'utilité publique en 1875 et 1878, ou qu'il exécute, soit dans le système de la loi de 1842, soit aux lieu et place des Compagnies rachetées en mai 1878. A cette même date, les engagements des Compagnies portaient sur 3,331 kilomètres à construire. Ce total de 8,695 kilomètres ajouté aux 22,283 kilomètres en exploitation, portait à 30,978 kilomètres le réseau d'intérêt général. Toujours à la même date du 7 avril 1879, le réseau d'intérêt local comprenait 1,950 kilomètres exploités et 2,413 kilomètres en construction et à construire; ensemble 4,363 kilomètres. Le réseau national embrassait donc, au 7 avril, une étendue de 35,341 kilomètres.

C'est à ce chiffre que la loi de classement a ajouté d'un seul coup 181 lignes nouvelles et 8,700 kilomètres; de sorte que l'effort du pays doit porter sur un total de 44,041 kilomètres de lignes de fer.

Si la loi de classement avait pris en considération la situation de ces différentes lignes, si les conditions d'exécution de chacune d'elles étaient mises en harmonie avec les besoins auxquels elle doit pourvoir; si, en un mot, l'instrument, l'outil était proportionné au travail à effectuer, au service à rendre, nous n'aurions aucune objection à présenter et nous féliciterions de grand cœur les populations aujourd'hui déshéritées, qui comptent être desservies par les nouvelles lignes. Il n'en est malheureusement pas ainsi, et la loi n'a établi aucune distinction ni aucun ordre de priorité.

En proclamant l'utilité stratégique des lignes classées, le Parlement leur a attribué le caractère d'intérêt général et cette simple appellation coûtera au pays 250,000 fr. au moins pour chaque kilomètre exécuté.

La part de l'État, dans les lignes à construire, étant de 14,064 kilomètres, c'est une dépense de 3 milliards 516 millions.

Mais ce n'est pas tout. La tendance actuelle à remettre entre les mains de l'État les plus grands intérêts économiques de la France, à lui laisser absorber l'activité nationale tout entière, fait prévoir que l'État voudra exploiter directement les lignes classées. Eh bien! soit en intérêt et amortissement des capitaux employés dans l'établissement des lignes, soit en insuffisances d'exploitation, chaque kilomètre coûtera, chaque année, au Trésor, c'est-à-dire au contribuable, 15 à 20,000 fr. Il sera facile d'établir ce point pendant la discussion.

Les 14,000 kilomètres dont l'État a ainsi pris la charge entière, coûteront

donc 3 milliards et demi et chaque année, il faudra inscrire au budget une somme de 240 à 280 millions pour assurer le service des emprunts et couvrir les insuffisances d'exploitation, de sorte que les nouveaux chemins seront loin d'enrichir le pays.

M. Level présente ici quelques considérations sur la situation budgétaire du pays, fait ressortir que la construction du réseau de chemins de fer est loin d'être la seule obligation acceptée par le gouvernement qui a encore à pourvoir aux dépenses nécessitées par le complément et l'amélioration des voies navigables, des ports, etc.; il continue ainsi :

En examinant froidement cette situation, il faut reconnaître qu'aucun plan de grands travaux publics ne peut être mené à bonne fin, s'il n'est conçu et conduit avec la plus stricte économie.

Dans chacune des lois votées par le Parlement et qui ont pour objet la déclaration d'utilité publique de l'une des lignes classées en 1879, se trouve cette invariable disposition :

« Le ministre des travaux publics est autorisé à entreprendre les travaux de la ligne désignée ci-dessus. En aucun cas, les dépenses à faire en vertu de la présente loi ne pourront excéder celles qui sont mises à la charge du Trésor, par les lois des 11 juin 1842 et 19 juillet 1845. »

Ces lois concernent exclusivement l'établissement de l'infrastructure des chemins de fer; acquisition des terrains, construction de la plate-forme.

Mais l'État ne se contente pas de se réserver l'exécution de cette plate-forme; c'est ainsi que le ministre des travaux publics s'est fait autoriser à entreprendre la superstructure de 1125 kilom., par les lois des 14 juin 1878 et 31 juillet 1879.

L'État s'attribue donc la faculté de construire seul des lignes classées et de les exécuter dans leur intégralité. Cette tendance s'accuse nettement dans l'exposé des motifs de la loi du 31 juillet 1879, où nous lisons : « Ainsi qu'on l'a déjà reconnu, l'État est en mesure d'exécuter cette superstructure dans d'excellentes conditions de célérité et d'économie. »

Nous ne pouvons accepter, que sous bénéfice d'inventaire, cette affirmation que l'État construit avec célérité et économie, et la discussion dira si nous avons tort ou raison.

Tout d'abord, deux points nous frappent.

En premier lieu, nous nous étonnons de voir construire des lignes de toutes pièces, avant qu'on ait déterminé le mode d'exploitation qui leur sera appliqué ;

Nous craignons que sous ce rapport, on ne fasse des dépenses inutiles, incomplètes ou exagérées, et que de nouveaux sacrifices ne soient ultérieurement nécessaires pour mettre les lignes construites en harmonie avec le système d'exploitation qui prévaudra. Nous nous permettons d'appeler sur ce point une discussion complète, car nous estimons qu'on aurait dû, tout d'abord, se faire une idée générale de la manière dont ces lignes seraient exploitées.

Ceci posé, nous nous demandons pourquoi l'État prétend exécuter seul

tous les chemins de fer qui restent à construire en France, et pourquoi il repousse systématiquement, et sans distinction, le concours des capitaux, du personnel, de l'outillage de l'industrie privée, qui, sous toutes ses formes, a exécuté plus de 25,000 kilomètres de voies ferrées en France et en Algérie; pourquoi l'État rejette le système d'association avec les Compagnies, qui lui a réussi jusqu'ici; pourquoi, enfin, il refuse d'utiliser les grandes entreprises de travaux publics qui ont fait leurs preuves et qui, en présence des empiétements de l'État dans le domaine de l'industrie, sont contraintes de porter à l'étranger les forces et les intelligences dont elles disposent.

Vous aurez à rechercher aussi si les conditions des crédits budgétaires, soumis à toutes les éventualités politiques, à toutes les crises nationales, sont favorables à l'exécution rapide des grands travaux.

Ce point élucidé, un autre objet s'imposera à vos études. L'État peut-il construire économiquement? Son personnel est-il suffisant pour assurer l'établissement des lignes dans les conditions de bon marché que la pratique des grands chantiers peut seule réaliser?

Nous croyons que de votre discussion sortira la démonstration de cette assertion, que l'État construit cher et lentement, au contraire de l'industrie privée où le stimulant de l'intérêt personnel inspire les solutions économiques et abrège les délais.

Peut-être en sortira-t-il aussi cette vérité que le système de la construction par l'État et par l'État seul, porte un coup funeste au principe de l'association, à la libre initiative individuelle, et qu'on ne fera rien de bon en plaçant le pays tout entier sous l'étreinte administrative.

Vous le voyez, Messieurs, ce ne sont pas les hommes que nous nous permettons de critiquer, *c'est le système*. Nous ne comprenons pas que le gouvernement n'utilise pas, à son profit et à celui du pays, toutes les forces organisées et prêtes à le servir.

Nous ne contestons nullement à l'État le droit de faire des travaux publics, nous demandons seulement place au soleil pour tout le monde. Nous demandons que chacun, dans le présent et dans l'avenir, trouve comme dans le passé le libre emploi de ses facultés et de son expérience, sans qu'il soit assujetti à un embrigadement hiérarchisé qui priverait le pays des féconds résultats de l'initiative individuelle.

Puisse la discussion faire comprendre à tous, la nécessité de rentrer dans l'ordre naturel des choses, et de laisser, sous le contrôle éclairé de l'État, se développer en toute liberté, cet esprit d'association dont les œuvres sont marquées en monuments impérissables sur tous les points du territoire français.

En terminant, un mot sur la question d'exploitation.

Notre honorable Président a tracé, à grands traits, avec la compétence qui lui appartient, les principaux inconvénients de l'exploitation par l'État, il les a judicieusement opposés aux avantages de l'exploitation par l'industrie privée. Son discours peut servir de programme à la discussion qui s'ouvrira sur ce sujet. Nombre de nos collègues pourront apporter ici le

concours de leur expérience pratique. Pour le moment, nous formons le vœu que la discussion soit large, approfondie et digne des graves intérêts qu'une si haute question comporte dans un pays comme le nôtre, où il paraît imprudent d'associer le gouvernement à la responsabilité de tous les mécontentements que soulève l'administration étendue, infinie, de 25,000 kilomètres de voies ferrées.

M. Faliès dit que le sujet traité par M. Level soulève des questions de toute nature : construction, exploitation, etc., etc.; il pense qu'il serait utile, pour se préparer à une discussion approfondie, d'avoir communication du mémoire de M. Level, et que cette discussion pourrait être utilement renvoyée à la prochaine réunion.

M. le Président est d'avis que l'on peut ouvrir la discussion dès maintenant et la continuer, s'il est nécessaire, dans une séance suivante.

M. Marché donne communication des premiers éléments d'un travail qu'il a préparé sur cette question.

Il pense que l'importante communication de M. Level doit donner lieu à une large et complète discussion, les questions qu'il a soulevées exigeant l'intervention de notre Société, non seulement pour la défense des droits et des devoirs de notre profession, mais encore intéressant, au plus haut degré, l'avenir économique du pays.

Nous sommes arrivés, en effet, en matière de chemins de fer, à un moment presque solennel et la nature des solutions qui seront apportées aux questions à l'ordre du jour, aura certainement une influence considérable sur les destinées économiques et commerciales de la France.

Il faut bien reconnaître qu'il règne actuellement, à l'égard des problèmes soulevés par les chemins de fer, un véritable désarroi dans l'état de l'opinion publique et que ce désarroi est aussi grand chez les plus modestes transporteurs que les tarifs intéressent, que chez les membres du Parlement qui ont à légiférer sur ces questions.

Il faut remonter jusqu'aux deux ou trois années qui ont précédé le vote de l'excellente loi de 1842, qui a si équitablement réglé les rapports à établir pour l'exécution des chemins de fer entre les droits et l'intervention de l'État d'une part, et le concours de l'industrie privée de l'autre, pour retrouver la trace d'une aussi grande incertitude et d'un pareil état des esprits.

On s'explique cependant les hésitations de l'opinion, en 1840, alors que les chemins de fer existaient à peine et qu'on avait si peu de données sur la puissance de l'industrie privée qui s'ignorait elle-même.

Mais, qu'aujourd'hui, après trente ans d'exploitation, après que 20,000 kilomètres de chemins de fer ont été construits, après que toute une légion d'Ingénieurs civils et d'agents spéciaux est, pour ainsi dire, sortie des entrailles du pays, on soit arrivé à discuter et à remettre en question, non seulement les procédés à employer pour compléter le réseau, mais encore

tout le système d'exploitation des chemins actuels, c'est là une situation dont il y a lieu de s'étonner et dont il importe de rechercher la cause.

En réalité, deux problèmes sont posés : la construction de 15 à 20,000 kilomètres de chemins de fer jugés nécessaires à l'achèvement de notre réseau, et la question des tarifs perçus sur les chemins existants. Et les deux problèmes sont posés ensemble et l'enchevêtrement des idées est tel que la solution proposée est la même dans les deux cas : l'absorption par l'État : *État constructeur* et *État exploitant.*

Il convient de revenir aux principes :

Les chemins de fer sont établis sur le domaine public. Leur exploitation intéresse la sécurité publique, et le grand nombre d'intérêts privés engagés dans la fixation des prix de transport perçus, constitue un intérêt général que doit protéger l'État et qui entraîne son intervention pour *contrôler* le taux et la forme des tarifs.

A ces divers points de vue, le transport sur les chemins de fer constitue un *service public.*

Mais ce caractère de service public n'est pas le seul et n'est pas, à notre avis, le caractère dominant, car presque toutes les grandes industries le possèdent à un degré presque égal.

Les transports par chemins de fer, tant pour la construction que pour l'exploitation, par l'ensemble et la nature des travaux qu'ils exigent, le côté commercial de l'œuvre, la variété des solutions techniques, etc., ont encore et surtout un caractère *industriel.*

A nos yeux, ce caractère est le principal : les chemins de fer constituant une *industrie contrôlée par l'État.*

Si l'État s'en empare, comme constructeur ou comme exploitant, que devient le contrôle?

On peut concilier l'exercice d'une industrie avec la surveillance de l'État, on ne peut concevoir cette industrie exercée par l'État, sans contrôle et sans frein.

M. Marché, laissant à des paroles plus autorisées le soin de développer ces principes et de montrer dans quelle mesure on s'en est écarté jusqu'ici, et considérant le caractère *industriel et commercial* des chemins de fer comme le principal, en déduit que les questions de chemins de fer ont, comme toutes les questions industrielles, comme base de leur étude, comme guide dans l'examen de leurs transformations, la connaissance exacte et raisonnée de leur *prix de revient.*

Le *prix de revient* des transports sur les voies ferrées est donc la première question qui se pose et si nous voulons discuter ici les importants sujets d'étude énumérés par M. Level, il est de notre devoir de le faire avec des faits précis, avec des chiffres déduits de la pratique et de l'expérience.

En présentant ces chiffres, on pourra momentanément s'écarter du programme de discussion posé par M. Level, mais on verra bientôt que ces chiffres nous ramèneront d'eux-mêmes, et par la force des choses, aux questions soulevées.

M. Marché rappelle, en quelques mots, que la recherche du coût réel des transports sur voies ferrées l'a préoccupé depuis longtemps, qu'il a déjà communiqué à la Société, à l'occasion des résultats statistiques de l'exploitation des chemins de fer en 1868 et en 1876, une série de considérations et de formules qu'il complétera par une étude complète des résultats de 1878.

Ce qu'il se propose particulièrement ici, c'est de présenter le prix de revient d'une unité kilométrique (voyageur ou tonne de marchandises) sous une forme qui permette de tenir compte de toutes les données, de toutes les circonstances qui peuvent l'influencer et spécialement de la distance parcourue, de l'intensité du trafic et de la dépense de premier établissement.

La formule générale du prix de revient de l'unité transportée à un kilomètre, sur une ligne donnée, est la suivante :

$$\frac{a}{\lambda} + b\pi + \frac{t \cdot A}{T}.$$

Dans cette formule :

a représente la dépense à faire pour la réception, le chargement, la mise en route, etc., de chaque unité.

λ la distance moyenne de parcours.

π le poids moyen (poids utile, poids mort et poids brut) de chaque unité.

b le coût du transport à un kilomètre d'une tonne de poids brut : dépense de traction, entretien du matériel, entretien de la voie, etc.

$\frac{a}{\lambda} + b\pi$ est donc la dépense d'exploitation par unité kilométrique.

A, étant le prix de la construction du kilomètre de chemin, t le taux de l'intérêt de cette dépense de construction que les recettes doivent permettre de servir aux capitaux engagés dans l'entreprise (amortissement compris), que ces capitaux aient été demandés à l'épargne ou fournis par l'État, qui en reporte la charge sur les contribuables, au chapitre de la Dette publique, et T le nombre d'unités transportées à un kilomètre par kilomètre de chemin, $\frac{t.A}{T}$ est la partie du prix de revient qui, directement ou indirectement, doit être payée par le public, en sus des frais d'exploitation.

Si on applique cette formule aux chemins de fer à grand trafic qui constituent l'ancien réseau des six grandes Compagnies françaises, on a pour le prix moyen de l'unité à un kilomètre :

$$\underbrace{\frac{0^f.80}{80^k} + 0{,}01.5}_{0.02.5} + \underbrace{\frac{0.05.5 \,.\, 450\,000^f}{1\,300\,000}}_{0.01.9} = 0^f.04^c.4$$

$$0.02.5 + 0.01.9 = 0^f.04^c,4$$

chiffre inférieur au tarif moyen appliqué et qui varie entre 5 et 6 centimes,

la différence constituant les sommes consacrées au dividende des actions et celles *déversées* sur le nouveau réseau, en exécution des conventions de 1859.

Mais si on considère l'ensemble des lignes des nouveaux réseaux et qu'on substitue dans la formule les valeurs correspondant à ces lignes, on trouve pour le prix moyen de l'unité kilométrique :

$$\underbrace{\frac{0^f.75}{50^k} + 0^f.02.5}_{0^f.04} + \underbrace{\frac{0^f.05.75 \,.\, 360\,000^f}{400\,000^m}}_{0.05.2} = 0^f.09^c.2$$

$$0^f.04 + 0.05.2 = 0^f.09^c.2$$

chiffre de beaucoup supérieur au tarif moyen perçu, qui est presque égal à celui appliqué sur les lignes de l'ancien réseau, le déficit qui en résulte étant comblé par les excédents *déversés* par l'ancien réseau et les versements effectués par l'État, en exécution de sa garantie.

Ces deux formules permettent d'établir celle qui correspondrait aux lignes du troisième réseau si la construction et l'exploitation de ces lignes sont malheureusement effectuées comme on se propose de le faire, c'est-à-dire en suivant les errements de l'exécution du deuxième réseau.

Ces chemins n'auront certes pas un trafic de plus de 50 000 unités par kilomètre; ils doivent coûter 250 000 fr. le kilomètre, et comme ce troisième réseau ne comprendra que des lignes courtes, où le parcours moyen de chaque unité n'excédera certes pas 20 kilomètres, on aura pour le prix de revient :

$$\underbrace{\frac{0.70}{20} + 0^f.03.5}_{0.07.0} + \underbrace{\frac{0^f.05.5 \,.\, 250\,000^f}{50\,000^m}}_{0.27.50} = 0^f.34$$

$$0.07.0 + 0.27.50 = 0^f.34$$

On voit donc que sur le plus grand nombre des lignes à exécuter, si on persévère dans le système déjà suivi pour le nouveau réseau, si on ne tient pas compte du faible trafic à attendre, si on ne proportionne pas les frais d'établissement à ce trafic, si on dépense 250 000 fr. par kilomètre, etc., le coût du transport sera aussi élevé sur le chemin de fer que sur les routes, et on a le droit de se demander si on augmentera ainsi réellement la richesse du pays.

M. Marché examine quelques-unes des conséquences qu'on peut tirer des formules précédentes, dans lesquelles figurent toutes les données, toutes les circonstances qui peuvent influer sur le prix de revient, en se réservant d'en compléter l'examen et de montrer qu'elles fournissent des bases très précises pour la discussion à l'ordre du jour, lorsqu'il aura mis sous les yeux de nos collègues tous les résultats comparatifs des diverses lignes en exploitation.

M. Cotard demande si M. Marché termine ainsi l'exposé qu'il vient de faire sans formuler les conclusions, qui semblent cependant résulter de l'examen de ses formules. Il y aurait grand intérêt à rapprocher tout de suite ces conclusions des données générales posées par M. Level dans son Mémoire.

M. Marché répond qu'il a l'intention de continuer, dans une prochaine réunion, l'examen du problème dont il vient simplement de poser les principales données, mais il attendra que les tableaux qu'il fait préparer soient terminés et distribués; il a voulu seulement indiquer comment il établissait ses formules, et il se réserve d'en faire ultérieurement une application plus étendue.

M. Cotard ajoute que M. Level vient de poser, devant la Société, une question du plus haut intérêt, qui s'impose actuellement à l'attention publique; mais il observe que cette question comprend aussi celle, dont il n'a point été parlé, des transports par eau, qui ont un rôle des plus importants à remplir dans le développement recherché des moyens de communication. Les chemins de fer ont été un puissant instrument de prospérité parce qu'ils répondaient, lors de leur apparition, à des besoins pressants; aujourd'hui nous assistons à ce fait, que plus les réseaux se développent, plus le trafic diminue sur les nouvelles lignes. Pour donner naissance à de nouvelles richesses, il faut se retourner vers leur véritable source, qui est le sol. Aussi, ce qui doit faire l'objet de tous nos efforts, c'est moins de chercher à développer les chemins de fer, qui sont temporairement au moins suffisants, que de donner satisfaction aux besoins actuels de l'agriculture.

Mais, si la question des transports présente encore un côté intéressant, c'est celui des transports à *bas prix*. M. Marché vient de prouver que le prix de revient des transports sur les nouvelles lignes de chemins de fer augmente dans d'énormes proportions et en raison inverse de leur trafic; on voit donc quels services peuvent rendre les canaux, qui, en matière de transport peuvent seuls offrir des conditions d'extrême bon marché.

Sur des canaux *bien organisés*, on peut descendre au taux de 1 centime et même 1/2 centime par tonne et kilomètre; or, il est bien certain que si l'on arrive à transporter à des prix aussi minimes des houilles, des amendements, etc., on aura résolu un problème bien autrement intéressant que celui de la construction de nouvelles lignes de chemin de fer dont l'utilité est au moins contestable.

M. Cotard conclut donc que cette question de navigation, qui n'a pas été résolue, parce qu'elle touche à celle de l'*aménagement des eaux*, est un des éléments importants de la question dont la Société s'occupe en ce moment.

M. le Président est d'avis que la question soulevée par M. Cotard, mérite d'être étudiée, et il annonce que l'on mettra à l'ordre du jour d'une prochaine séance, la question des ports et travaux maritimes, qui se lie à celle de navigation dont M. Cotard vient de parler.

M. Molinos pense que la Société est unanime sur l'opportunité de discuter la question soulevée par M. Level. Mais peut-être, en raison même de cette unanimité et faute de contradiction qui serve à préciser la discussion, y a-t-il lieu de craindre qu'un grand nombre de membres ne reproduisent, en les paraphrasant, les mêmes arguments généraux. Il conseille donc de formuler pour la prochaine séance un programme détaillé, en prenant pour base celui que M. Level vient d'indiquer, compre-

nant une série de questions très nettes, qui seront soumises à la discussion de la Société.

Il ne voudrait pas entamer ce soir la discussion qu'il lui semble préférable de réserver pour la prochaine séance; il désire seulement ajouter quelques mots, en vue de faire comprendre dans quel ordre il croit qu'elle peut être utilement conduite. M. Molinos propose de commencer par examiner l'ensemble de ce qu'on appelle le plan des grands travaux publics, puis d'étudier, l'un après l'autre, tous les éléments qui constituent cet ensemble.

Comment les lignes comprises dans ce projet ont-elles été tracées? C'est là, dit M. Molinos, un premier point qui prête déjà à la critique : elles ont été indiquées par des commissions exclusivement administratives, puis les conseils généraux et les Chambres en ont ajouté de nouvelles : on a mis ainsi sur le même plan des lignes qui donneront 6 ou 8,000 fr. de recettes brutes par kilomètre, et d'autres qui n'en produiront pas 2,000! On ne peut cependant les entreprendre toutes à la fois. Comment en établira-t-on la classification? Il est permis de croire qu'elle sera livrée à l'arbitraire.

La cause de ce désordre, d'après M. Molinos, c'est qu'on a perdu de vue le seul principe qui doit guider dans ces entreprises, c'est-à-dire, l'intérêt relatif des lignes, manifesté par les sacrifices des populations. Il n'y a pas deux manières de classer des voies ferrées par ordre d'utilité, et ce ne sont pas des commissions administratives qui peuvent le faire : c'est la ligne pour laquelle les populations font les plus grands sacrifices qui est la plus utile et qui doit être exécutée de préférence. Sans doute, on peut, à ce principe, admettre un correctif, en vue d'avantager les populations les plus pauvres; mais il n'en est pas moins vrai qu'il y a imprudence extrême à mettre de côté le point de vue économique. Ceux d'entre nous qui ont consacré leur vie à l'étude des questions de chemins de fer, savaient bien qu'il nous fallait à bref délai, construire 10 à 15,000 kilomètres de chemins de fer; mais, pénétrés des difficultés qu'offrait leur exécution, nous nous préoccupions de chercher des solutions rationnelles, économiques, de proportionner, en un mot, les dépenses avec le service à obtenir, avec l'importance industrielle de l'instrument; aussi notre surprise a-t-elle été grande lorsque nous avons appris que nos préoccupations étaient vaines, qu'il suffisait de classer toutes les lignes d'intérêt général comme le chemin de fer de Paris à Lyon, d'en mettre l'exécution à la charge de l'État au prix de 250 à 300,000 fr. le kilomètre. Quant à leur exploitation, c'est une question de détail et qui se résoudra sans doute avec la même facilité.

La solution paraît très simple; reste à savoir quelles sommes énormes l'exécution d'un pareil plan va coûter au pays. M. Level en a donné une évaluation qui est certainement au-dessous de la vérité; ce serait une entreprise ruineuse, si l'on pouvait admettre un seul instant qu'il fût possible de la pousser jusqu'au bout.

M. Molinos tient à appeler l'attention sur une deuxième conséquence qui résulte de la voie dans laquelle on est entré : le nouveau réseau qui va

s'exécuter, et qui devient un réseau d'intérêt général, va jouir des tarifs actuels des grandes Compagnies; or, jusqu'ici, les hommes expérimentés qui, poursuivant l'exécution de lignes de faible importance, cherchaient des combinaisons rationnelles, n'hésitaient pas à s'imposer de gros tarifs, nécessités et par les dépenses de construction, et par les recettes relativement faibles; c'est ainsi que dans certains projets conçus dans le département de l'Aisne, on élevait les tarifs jusqu'à 12 ou 15 centimes par tonne et par kilomètre, ce qui néanmoins offrait un avantage considérable, le roulage coûtant moyennement 0 fr. 50, et même plus, en tenant compte des subventions industrielles. Le transport par voie ferrée, même au prix indiqué, procurait donc un bénéfice considérable aux populations intéressées. D'ailleurs, il faut remarquer que ces tarifs élevés n'ont pas un aussi gros inconvénient qu'on pourrait le croire; d'abord, parce que le parcours est généralement faible, ensuite, parce que le trafic se développant, il deviendra vite possible de les abaisser. Or, maintenant, que va-t-il arriver? Toutes les lignes auxquelles M. Molinos vient de faire allusion vont rentrer dans la loi commune du chemin d'intérêt général, avec les tarifs du grand réseau; et ces affaires qui étaient tout juste en équilibre, ne deviendront-elles pas tout à fait désastreuses, quand on aura transformé les tarifs à 12 ou 15 centimes en tarifs à 3 centimes? Donc, pour le moment, augmentation énorme dans le budget, et plus tard, création obligée d'un budget spécial, celui des insuffisances d'exploitation, dont l'accroissement rapide atteindra des limites impossibles à prévoir.

M. Molinos, revenant au premier point sur lequel devra porter la discussion, le plan général de l'œuvre projetée, ajoute qu'on aura à rechercher d'abord les causes d'un fait signalé par M. Marché; c'est qu'après trente ans d'expérience, nous sommes, au point de vue de la question des chemins de fer, dans un état de confusion qui rappelle 1839. On en peut donner l'explication. Lorsque les grandes Compagnies ont terminé les meilleures lignes, il a fallu poursuivre les compléments du réseau, et aborder des lignes secondaires de moins en moins rémunératrices. Il aurait fallu faire pour cela des sacrifices relativement plus considérables, on les a faits moindres. De nombreux échecs en ont été la conséquence, c'est ce qui a discrédité le régime en usage jusqu'à présent; c'est ce qui a motivé ce désarroi d'opinions, c'est de là, en définitive, qu'est sortie l'idée de l'intervention exclusive de l'État, mais le remède est pire que le mal. Notre rôle, conclut M. Molinos, consistera donc à examiner si l'on ne pourrait pas proposer des améliorations tout à fait satisfaisantes au régime actuel, et épargner au pays le bouleversement que l'on est à la veille d'opérer.

M. le Président est d'accord avec M. Molinos sur la nécessité de faire un programme, pour ne pas laisser la discussion s'égarer, et de façon à arriver le plus tôt possible à une solution pratique.

M. Level dit que M. Molinos a parfaitement compris le but qu'il s'était proposé dans sa communication; c'est dans la voie indiquée par M. Molinos qu'il faut entrer : il faut que chacun apporte ici les observations qui lui

sont particulières, et il rendra ainsi un grand service à la cause commune; le programme est très vaste, et M. Level n'a fait qu'en indiquer les premières lignes. Il sait que la Société ne peut pas exprimer de vœux, mais il sait aussi qu'elle a le droit d'exposer les grands principes sur lesquels repose une entreprise aussi vaste que celle dont il s'agit.

M. Level, répondant à l'observation faite par M. Cotard que, à mesure que les lignes nouvelles se créent, le prix de transport augmente, fait observer que le second terme de la formule de M. Marché, dans le troisième exemple, contient le chiffre 250,000 fr., représentant le prix d'établissement par kilomètre; or, si l'on diminue ce chiffre, on réduira d'autant le terme proportionnel à cette dépense; si, par exemple, le prix de revient par kilomètre était réduit de moitié et ramené à 125,000 fr., au lieu de 250,000 fr., le terme 27 cent. se trouverait abaissé par le fait à 13 c. 1/2.

M. Faliès se rallie complètement à l'opinion émise par M. Level; il affirme qu'on peut construire à moins de 150,000 fr. et même moins de 100,000 fr. des chemins de fer à voie normale donnant accès, non pas aux locomotives, mais aux wagons chargés des grandes Compagnies, pourvu que l'on accepte des courbes et des rampes convenables; il essaiera, dans la prochaine séance, de démontrer la possibilité de ce fait.

M. Faliès fait observer que, dans l'évaluation de ce que rapporte une ligne, il faut tenir compte d'un élément important : ce sont les revenus indirects auxquels donne naissance le chemin de fer par l'augmentation de la richesse publique. Il insiste de nouveau sur la possibilité de construire des lignes, même stratégiques, à un prix de revient relativement bas, et il pense que si l'on ajoute le revenu indirect à la rémunération directe, on pourra se convaincre que le nombre de kilomètres compris dans le réseau d'intérêt général n'est ni exagéré, ni dangereux; il faut seulement qu'il soit exécuté dans les meilleures conditions possibles.

M. Molinos désire insister sur l'obligation où se trouvent les Ingénieurs civils de se défendre contre l'attaque dont leur profession est l'objet; on prétend aujourd'hui se passer de l'industrie privée : nous pouvons répondre, dit-il, surtout en parlant de nos prédécesseurs, en rappelant le rôle considérable qu'ils ont joué dans l'établissement des chemins de fer, questions qui sont, en général, fort peu connues de nos députés; nous pouvons rappeler les noms illustres de nos devanciers, des premiers ouvriers de cette grande industrie, Flachat, Stéphane Mony, Perdonnet, Polonceau, Pétiet, Séguin, Verpilleux et tant d'autres; nous pouvons dire que, lorsque tous les ingénieurs français étaient absolument inexpérimentés dans cette science toute nouvelle, c'est grâce à leur haute intelligence, à leur ardeur, à leur dévouement, comme aussi c'est grâce à ces constructeurs habiles, Gouin et Lavalley, Cail, Houël, Mathieu, etc., que la France a été en si peu de temps en mesure de se passer des ingénieurs étrangers, de construire elle-même d'excellentes machines, de pourvoir à tous les besoins de créations sans précédents. C'est à ces mêmes hommes

que l'art des constructions est redevable des immenses progrès qui resteront le caractère de cette époque : l'usage du métal dans les constructions, les ponts métalliques, auxquels sont particulièrement attachés les noms de Flachat et de MM. Gouin et Lavalley. Ceux d'entre nous qui ont pris part aux travaux accomplis à cette grande époque, peuvent témoigner des résistances contre lesquelles il a fallu lutter pour faire prévaloir les idées nouvelles. Ils vous diront s'il est juste, s'il est possible de refuser aux Ingénieurs civils une part prépondérante dans le plus grand mouvement industriel de ce siècle. Nous devons rappeler ces souvenirs ; c'est une justice à rendre à d'illustres prédécesseurs et à d'éminents collègues; c'est une question d'intérêt général qui s'impose, et que nous avons le droit et le devoir de défendre.

M. Douau, revenant sur les formules indiquées par M. Marché, en fait ressortir toute l'importance et pense qu'elles devront être présentées à nouveau. Quant aux chiffres qui y figurent, M. Douau fait observer que la valeur attribuée à la distance moyenne de transport pourrait soulever une objection de la part des partisans du programme de l'État, qui ont eu l'intention de créer, non pas de petites lignes secondaires isolées, mais bien de nouveaux grands réseaux; on pourra d'ailleurs se convaincre, dans le cours de la discussion, que ces prétendus grands réseaux n'existent absolument pas, et que les chiffres de M. Marché conservent dès lors leur entière signification.

M. Thomasset parlant également des formules en question, dit que l'intention de M. Marché, a été de prendre comme exemple le cas où une dépense de 250,000 francs serait appliquée au troisième réseau, mais que ces dépenses, comme on l'a déjà dit, pourraient être singulièrement réduites, et qu'il ne faut pas trop se hâter de conclure de ces chiffres, comme l'a fait, par exemple, M. Cotard, en faveur des canaux. Il suppose d'ailleurs que ces résultats seront imprimés et distribués, et qu'il faut attendre ce moment pour les discuter.

M. Le Président remet à une prochaine séance la suite de la discussion.

MM. Beaulieu, Chevalier (Louis), Chevalier (Georges), Deniel, Nabielak et Teisset ont été reçus membres sociétaires.

ANALYSE DE L'ESSAI

DE MÉCANIQUE CHIMIQUE

DE M. BERTHELOT

PAR M. ANTOINE BREGUET.

M. Berthelot, qui ne fait pas partie de notre Société, a témoigné le désir de voir exposer, devant elle, le plan de son nouvel ouvrage, l'*Essai de mécanique chimique*.

Il a bien voulu me charger de ce soin, quoique je n'aie qu'une compétence bien limitée en fait de chimie; — mais la chimie, telle que l'a conçue M. Berthelot, telle qu'il a voulu la faire, est déjà de la physique, — déjà même de la mécanique. C'est là ce qui peut autoriser un de vos membres, qui s'occupe plutôt de physique que d'autre chose, à porter la parole dans cette circonstance.

Il y a seize ans, en 1864, que l'auteur avait entrepris de faire de la chimie autre chose que l'étude des propriétés des espèces chimiques, de leur fabrication et de leurs transformations. Il voulait en faire un chapitre de la mécanique générale. Il s'agissait donc de déterminer à quelles lois de la mécanique l'économie des phénomènes chimiques devait obéir.

Le grand principe de la conservation de l'énergie avait eu le temps d'être nettement établi par les travaux successifs de Carnot, de Meyer, de Joule, de Thomson, etc... On connaissait l'équivalent mécanique de la chaleur.

En présence des dégagements de chaleur qui accompagnent la plupart des combinaisons chimiques, il devenait alors naturel pour un grand esprit de chercher à établir un lien entre ces dégagements de chaleur et les affinités, et de chercher à faire de cette chaleur comme la mesure des travaux moléculaires qui s'accomplissent dans les réactions.

C'est là, en effet, le vrai point de départ de M. Berthelot. Trois lois,

trois grands principes fondamentaux se sont imposés pour ainsi dire *à priori*, à son esprit, — et il se donna comme tâche d'en vérifier les conséquences et l'exactitude.

Voici les énoncés de ces trois principes :

Le premier, appelé par l'auteur, *principe des travaux moléculaires*, est celui-ci :

« La quantité de chaleur dégagée dans une réaction quelconque mesure la somme des travaux chimiques et physiques accomplis dans cette réaction. »

Ce principe sert à fournir la mesure des affinités chimiques.

Le deuxième principe s'énonce ainsi :

« Si un système des corps simples ou composés, pris dans des conditions déterminées, éprouve des changements physiques ou chimiques capables de l'amener à un nouvel état, sans donner lieu à aucun effet mécanique extérieur au système, la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par l'effet de ces changements dépend uniquement de l'état initial et de l'état final du système; elle est la même, quelles que soient la nature et la suite des états intermédiaires. »

C'est ce principe que M. Berthelot appelle le principe de l'équivalence calorifique des transformations chimiques. — Il établit que la chaleur dégagée dans une même transformation demeure constante comme les poids des éléments.

Enfin, le troisième principe, peut-être le plus beau, le plus original, s'énonce comme il suit :

« Tout changement chimique, accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère, tend vers la production du corps ou du système qui dégage le plus de chaleur. »

C'est le principe dit du travail maximum.

L'auteur a dû donner, dans son traité de mécanique, une place importante à la détermination des mesures calorimétriques et aux procédés qui lui ont servi à effectuer ces déterminations. C'est là, en effet, que se trouvent les fondements de l'œuvre.

Le premier volume est consacré entièrement à ce sujet.

Le second volume traite des conséquences générales de tous les faits précédemment établis.

Il est divisé en deux parties :

La dynamique chimique, ou l'étude des combinaisons et des décompositions.

La statique chimique, basée sur le troisième principe, celui du travail maximum.

J'examinerai brièvement les points principaux de ces deux importants chapitres.

L'auteur étudie d'abord les conditions générales de la combinaison, et les relations qui existent entre le signe de la chaleur dégagée pendant la combinaison; puis il passe aux phénomènes réciproques, c'est-à-dire aux décompositions, mais surtout en s'attachant aux réactions produites par l'énergie calorifique.

Mais, ces deux phénomènes sont souvent simultanés, une combinaison accompagne souvent une décomposition. C'est là une des parties les plus intéressantes, car il faut établir la cause des décompositions limitées et des équilibres chimiques. Là encore, la mesure des calories prépare la démonstration du principe du travail maximum dont s'occupera la statique chimique.

Les équilibres chimiques sont examinés dans les différentes conditions physiques qui peuvent se présenter. Après quoi, les énergies spéciales sont passées en revue, dans les réactions auxquelles elles donnent lieu : énergies électriques sous leurs formes si variées : courant, arc voltaïque, étincelle, effluve, — et enfin les énergies lumineuses. Nous arrivons alors à la dernière partie de l'ouvrage, à la statique chimique :

Chacun sait qu'un corps pesant tend toujours à se placer de façon à ce que son centre de gravité soit aussi bas que possible, — et il y arrivera, si aucun obstacle étranger ne s'y oppose. On peut énoncer ce principe autrement, en disant qu'un corps soumis à l'action de son poids tendra à dépenser le plus possible de son énergie potentielle, tendra à accomplir le plus grand travail possible, c'est-à-dire le travail maximum. Cela nous amène à comprendre par quelles sortes d'analogies M. Berthelot a eu le sentiment du troisième principe qu'il a formulé le premier. — Une dépense de chaleur n'est autre chose qu'une dépense d'énergie, qu'un travail effectué. — Il doit alors nous sembler très probable que :

Tout changement chimique accompli sans l'intervention d'une énergie étrangère, tend vers la production du corps qui dégage le plus de chaleur, — et c'est là l'énoncé de ce troisième principe.

C'est là que se trouve la vraie clef des substitutions, des doubles décompositions, — et lorsqu'on a sous les yeux les tableaux de mesures

calorimétriques, on peut prédire à coup sûr quel est le composé qui doit se former en définitive, si l'on connaît au préalable les conditions accessoires de la réaction, c'est-à-dire si l'on n'oublie pas de tenir compte de l'influence perturbatrice d'énergies étrangères. De ces conditions dépend la plupart du temps la rapidité plus ou moins grande des réactions, qui peuvent être lentes, consécutives, rapides ou spontanées.

Je regrette de n'avoir pu, faute du temps que votre Société peut consacrer à cette analyse, vous présenter quelques exemples numériques, quelques exemples particuliers pris dans les volumes de M. Berthelot.

Je veux seulement terminer en citant quelques mots de la conclusion de l'auteur :

« La chimie des espèces, des séries et des constructions symboliques, « qui a formé jusqu'ici presque toute la science, se trouvera désormais « sinon écartée, du moins rejetée sur le second plan par la chimie plus « générale des forces et des mécanismes : c'est celle-ci qui doit dominer « celle-là, car elle lui fournit les règles et la mesure de ses actions. »

SOCIÉTÉ DES ARCHITECTES ET INGÉNIEURS DE BERLIN

COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE L'ANNÉE 1878.

JANVIER.

Essais de différentes sortes de houille, par M. F. Munster.

Pompe d'épuisement, système Compound, dans la mine Osterfeld, près Oberhausen, sur la Ruhr, par M. H. Jacobi.

Observation microscopique du fer, par M. A. Martens, ingénieur, à Berlin.

Chemins de fer en Angleterre, par M. Macco.

L'auteur compare les chemins de fer Anglais, avec ceux de la Prusse, et il cite :

	Angleterre.	Prusse.
En 1873, la longueur totale des chemins de fer, était.	26,819 kilom.	16,143 kilom.
A deux voies.	11,326	6,186
Par mille carré.	1, 69	0, 56
Par 10,000 habitants.	8, 35	6, 27
Capital d'établissement. .	12,604 mille marks.	1,211 mille marks.

Il a été transporté :

Voyageurs de 1re classe. . . .	43 mille. . .	1m,6
— de 2e »	70	17m,1
— de 3e »	392	61
— de 4e »	»	35
Totaux.	505 mille. . .	115
Recette pour les voyageurs. . .	514 mille marks.	143 mille.
— par kilomètre.	19,179	9.257
— pour les marchandises. .	665	372

Conduites d'eau de source de la ville de Francfort-sur-Mein, par M. Fr. Marx.

L'eau de source, qui se consomme dans cette ville, a la composition suivante :

Silice.	23,36
Alumine.	7,58
Oxyde de fer.	4,26
Carbonate de chaux.	58,99
Magnésie.	1,63
Potasse.	1,18
Soude.	0,12
Acide carbonique.	1,40
Eau.	0,53
Acide sulfur.	0,14
Total.	99,99

FÉVRIER.

Voie funiculaire établie à Hamm sur la Sieg, par la Société des mines de Henrich.

La longueur de la voie est de.	1555m.
Nombre de supports.	74
Diamètre de la corde pour les wagons chargés.	28 millim.
d° d° vides.	25 »
Poids de la corde courante.	11,324 kil.
Vitesse par seconde.	1m,3
Charge transportée par 10 hommes.	3,600 quintaux.
L'établissement de la voie a coûté.	84,000 fr.
Le prix de revient de 100 quintaux transportés est de.	3 fr. 54 c.

On payait dans le temps pour le transport sur chaussée 10 francs par 100 quintaux.

BIBLIOGRAPHIE.

Le Cours de mécanique, par M. Karl de Ott, directeur de l'École professionnelle.

Manuel de Géodésie, par F. Hartner, volume de 710 pages et 397 gravures sur bois. (Éditeur, Seidelx fils, à Vienne.)

Machine à vapeur, système Compound, à 1 cylindre et 3 pistons. Brevet, M. Westphal.

Zuimrùmg des machines Compound, par M. Joh. Otto Meyer.

Travail de la vapeur dans les laminoirs, par M. Daelen, à Dusseldorf.

Traction à la vapeur des Tramways, par M. Post.

Il semble être prouvé jusqu'ici, que la traction à la vapeur des tramways dans les rues d'une grande ville, peut sans inconvénient être adoptée.

Les différentes machines ont été constituées par :

1° La Société Baldwin. Locomotive Works, à Philadelphie, en 1875.

Cette machine à 4 roues, à chaudière verticale, à cylindres intérieurs,

remorquait une voiture à 16 mille anglais à l'heure, et consommait 3k,5 à 4 kilos de houille par mille parcouru : elle franchissait des rampes de 4 1/2 pour 100.

Les frais par 16 heures de travail étaient de 32 fr. 50 c.

2° En 1877, un omnibus à vapeur, construit par Louis Ransom, à Philadelphie, avait 16 pieds anglais de long et contenait 20 places. La chaudière est également verticale.

3° Les frères Brunner, à Winterthur, ont construit une voiture à impériale pour 64 places, le poids de la voiture vide est de 5 tonnes 5, poids total 11 tonnes 1/2. Machine de 40 chevaux, pression de la chaudière, 12 atmosphères.

4° M. Rowan, a construit un moteur du système américain à Bogie.

Longueur du véhicule.	10m,05
Largeur d°	2m,10
Nombre de places assises.	62 places.
Force de la machine.	15 chevaux.
Poids de la voiture vide, machine comprise. .	6,750 kilos.

L'essai a eu lieu sur le Chemin de fer stratégique, près Berlin.

5° Machine construite, par F. Grums, à Hambourg, d'après les plans de M. Samuelson, ingénieur, à Wandsbeck. La chaudière est verticale, timbrée à 12 atmosphères, chauffée au coke.

Nombre de places assises.	43 places.
Longueur de la voiture.	7 mètres.
Largeur d°	1m,90

Consommation pour une distance de 14 kilomètres, 62k,5 de coke.

6° Machine système Merry Weather, machine à condensation sur le tramway de Cassel (5 kilom. de long).

La chaudière est horizontale.

Nombre de tubes.	85
Pression	10 atmosphères.
Poids en service.	9 tonnes.

Consommation pour un parcours de 10 kilomètres. 50 kilos de coke.

7° Machine construite par la Société métallurgique et charbonnière belge, à Nivelle, qui traîne 1 ou 2 voitures à la vitesse de 1 kilomètre en 4 minutes. Chaudière système Belleville, un aspirateur Korting active le tirage. Combustible coke. La machine est à 3 cylindres, système Brotherhood.

8° La fabrique de locomotives de Krauss et Cie, à Munich, a construit une machine-tramway, chaudière chauffée au coke, et timbrée à 12 atmosphères.

Poids du moteur.	6,200 kilos.
Force.	20 chevaux.
En palier elle remonte.	22,600 kilos.
Sur une rampe, 5 pour 100.	3,400 kilos.

A une vitesse de 15 kilomètres à l'heure.

MARS.

Alimentation avec de l'eau de source de la ville de Francfort-sur-Mein, par M. F. Marx (fin).

Travail de la vapeur dans une machine à vapeur, par M. Ch. Geber.

Développement de la loi de la résistance de l'eau en mouvement, par M. O. Smreker, ingénieur.

Deux nouveaux régulateurs de machine à vapeur, par MM. Procel et Scharowsky, ingénieurs, à Dresde.

AVRIL.

Écoulement de l'eau d'un vase, en observant la perte de travail par la chute libre de l'eau, par M. le docteur Th. Meyer, à Stollberg.

Acier sans soufflures, par M. F. Osaun.

Application du diamant aux machines à forer, par M. L. Ramdohr.

MAI.

Recherche micrographique du Spiegeleisen, par M. A. Martens, ingénieur, à Berlin.

Barreaux de grille, par M. le docteur H. Meidinger.

Appareils de sauvetage en mer, par M. Chr. Bruckmann.

JUIN.

Voie des Tramways, par Bottcher, à Brême.

Fabrication des Allumettes suédoises, par M. Schoenflies, à Riga.

Projet de haut fourneau de la Société Hef. Pilsen-Schwarzenberg, en Bavière.

JUILLET.

Fonte dure et son influence croissante dans l'industrie du fer, par M. S. Schutz, ingénieur.

Appareil de chauffage par contact, par M. H. Liebau.

Grue de la Société Florio et C^ie^, à Palerme, par M. Theis.

Essai de vaporisation des chaudières, par M. Pohlig.

AOUT.

Combustion sur une grille, par M. M. Meidinger.

Régulateur Collmann pour machine horizontale, exécuté par M. Gorlitz, constructeur de machines.

Recherches théoriques du travail de la vapeur dans la machine Compound, par M. Westphal, de Berlin.

Frein continu, par M. C. Schneider.

SEPTEMBRE.

Recherches sur la fabrication d'acier Bessemer en Allemagne, par M. E. Muller, à Osnabruck.

Force absorbée par le laminage des rails en acier, par M. R. Wels.

Grue hydraulique pour fonderies et ateliers, par M. Daelen.

OCTOBRE.

Sauvetage du steamer *Lady Catherine*, dans le port de Swinemunde, par M. Dresel.

Théorie de la distribution de la vapeur par le tiroir, par M. Seemann, à Stuttgard.

NOVEMBRE.

Recherches micrographiques du Spiegeleisen (fin), par M. Martens, ingénieur, à Berlin.

Sur la construction des ponts en tôle, par M. Krohn, d'Aix la Chapelle.

Application de l'air comprimé dans la construction, par M. Hagens, à Vienne.

Calcul des ascenseurs hydrauliques, par M. Putzrath, ingénieur, à Berlin.

Chaudières de la marine marchande en Allemagne, par M. C. Wenger, de Bonn.

DÉCEMBRE.

Sur la construction des ponts en tôle, par M. Krohn, d'Aix la Chapelle (fin).

Application de l'air comprimé dans la construction, par M. Hagens, à Vienne (fin).

N. SERGUEEFF.

ORGANE DU PROGRÈS DES CHEMINS DE FER

PAR HEUSINGER DE WALDEGG.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR M. N. SERGUEEFF.

ANNÉE 1878.

Cahier III.

Mesureur des vitesses pour les trains de chemin de fer, appareil breveté, par MM. Finkbein et Schafer.

Tiroir en bronze phosphoré pour machine à vapeur, par M. E. Filp, de Vienne.

Catastrophe sur le chemin de fer Wadensweil-Einsiedeln, par M. Pippart, ingénieur, à Berlin.

Contrôleur d'écartement de la voie, breveté, par M. Hochgrassl, à Dedeagatsch.

Appareil portatif servant à mesurer la vitesse des trains dans certaines limites, par M. M. Pollitzer, à Vienne.

Essais des matériaux de chemin de fer, par M. Hamel, à Bruxelles.

Indicateur perfectionné de niveau d'eau, par MM. Koch et Muller.

Ressorts de piston à joints perfectionnés, par M. Knocpke.

Solution pratique du chargement et de la rectification de la tension des ressorts des roues de locomotives et des autres véhicules, par M. E. Pfeil, de Vienne.

Rapport sur le frein continu de Heberlein, essayé sur la ligne de Main-Weser.

Les chemins de fer Américains (fin), par M. Schroder.

Addition du phosphore dans le cuivre, par M. A. Lismann, de Munich.

Le bac à vapeur sur la Tamise, à Londres.

Rupture du pont à Bangar (Galles).

Classification du fer et de l'acier, par M. Dr. Rohrig.

BIBLIOGRAPHIE.

Chemins de fer Anglais, par M. H. Schwabe; éditeur, R. de Waldheim, à Vienne.

Construction de la voie et du matériel, par M. F. Rziha, 3 volumes, 293 gravures et 19 tableaux; édité à Vienne, par l'imprimerie de l'État.

Manuel du sondeur pour mines et chemins de fer, par M. Léo Strippelmann; éditeur, Knapp, à Halle A./S.

Développement des chemins de fer, par M. Hartwich éditeur, Simion, à Berlin.

Cahier IV.

Appareil pour mesurer l'usure des rails, par M. Fr. Bischoff, de Vienne.

Porte du foyer de locomotive à fermeture excentrique, par M. Kleiber, à Heilbronn.

Balance à ressort perfectionnée, par MM. Konnecke et Geyer, à Witten-sur-la-Ruhr.

Verrou de sûreté des wagons, construit par M. Reuschlein, à Nurenberg.

Machine pour essayer l'élasticité et la résistance du fer et de l'acier, construite par M. Stukenbolz, à Witten-sur-la-Ruhr.

Machine à nettoyer et emboutir les tubes des chaudières, système Elbel, exécutée par MM. Zobel-Neubert et C^ie^, à Schmalkalden.

Disposition brevetée (système Pohl), pour manœuvrer les signaux des gares et les barrières à niveau.

Théorie des freins, par M. E. Ferron, de Luxembourg,

Compte rendu de la traction et des travaux des ateliers pendant l'année 1876-1877, du chemin de fer du Midi (Autriche), et en particulier des sections Semmering et Brenner, par M. Gottschalk.

Gare de Saint-Louis aux États-Unis, par M. Blanck, à Hanovre.

Essai de l'accouplement de sûreté.

Exposition de Paris, par M. Askenasy, de Francfort.

Remise pour locomotives du chemin de fer de Pensylvanie.

Cahier V.

Quelques remarques sur l'alimentation d'eau des stations de chemin de fer, par M. Borodine, directeur du chemin de fer russe, Kiew-Brest.

De l'application et de l'essai des produits Bessemer, par M. Pippart, ingénieur, à Berlin.

Boîtes à graisse pour wagons, par M. C. Ziegler, à Nippen, près Cologne.

Sabot de frein, système Borrie.

Appareil de contrôle pour les trains, brevet Pohl.

Explosion d'un piston de machine à vapeur, par M. Meyer, à Stendal.

Locomotive pour trains mixtes à glissières perfectionnées, construite par la fabrique de machines des chemins de fer Hongrois, à Buda-Pesth.

Système diagonal des ponts métalliques résistant à l'effort du vent, par M. Jebens.

Théorie des freins, par M. E. Ferron (suite).

Essais du frein contigu à vide (système Smith), sur la ligne Main-Weser.

Signal d'aiguille électrique, par M. Pollitzer.

Poinçon pour l'agrandissement des tuyaux des chaudières, par M. G. Stockhamer, de Jedlersee.

Brouette de bagages du chemin de fer de Breslau-Schweidnitz-Fribourg par M. Blanel, à Breslau.

La Gare de Hanovre.

BIBLIOGRAPHIE.

Industrie du charbon et du fer dans tous les pays de la terre, par J. Pechard.

Percement des tunnels, système Menne, par M. Birnbaum.

La question des chemins de fer suisses, par M. Dietler, à Zurich.

Éclairage électrique de Fontaine, par M. Ross.

Tunnel de Lupkover du chemin de fer Hongrois-Gallicie, par M. Gunesch.

Prix du transport des terres des différents chemins de fer, par M. Howe.

Manuel pour le tracé des courbes des chemins de fer et des routes, par M. Krohnke; éditeur Feubner, à Leipzig.

Les chemins de fer de la Suisse occidentale, au point de vue spécial de la construction, par M. Meyer; G. Bridel, éditeur, à Lausanne.

Cahier VI.

Disposition générale des barrières de passage à niveau, par M. Ruppell.

Wagons à vapeur (système Belpaire), exploités sur les principales lignes de chemins de fer, par M. Zumach.

Essais de l'action des freins dans les différentes vitesses des surfaces frottantes, par M. Pippart.

Nouvelle charrue à neige du chemin de fer de Seeland, par M. Busse.

Cause des cassures d'essieux de locomotives du chemin de fer de Francfort-Bebra; communiqué par la Direction du chemin de fer.

Frein automatique à friction, par M. Becker, de Vienne.

Remplacement des tubes de locomotives, par M. Eichholz.

Essai et visite intérieure d'une chaudière à vapeur, par M. Stockhamer.

Les cassures de bandages pendant l'année 1877, du chemin de fer Berg-Mark; communiqué par la Direction, à Elberfeld.

Compteur magnétique pour billets de chemin de fer employé sur le chemin de fer du Nord de l'Empereur-Ferdinand, présenté à l'Exposition de Paris 1878.

Voie métallique pour les chemins de fer, voies secondaires et tramways d'après le système Heusinger de Waldegg.

ANNÉE 1879.

Cahier I.

Montage et déplacement des traverses métalliques (système Hilf), dans la pose de la seconde voie du chemin de fer Dirchau Hohenstein, en automne 1877, communiqué par la Direction du chemin de fer de l'Est (Prusse), à Bromberg.

Les signaux (blocksignaux), système Siémens et Halske, du chemin de fer de Copenhague, à Klampenbourg, par M. Friedericia.

Chauffage à vapeur des ateliers des chemins de fer badois, par M. Esser.

Wagon à balcon, par M. Finkbein, à Saarbruck.

Application des appareils Block, pour assurer les croisements des trains, par M. Hattemer, de Berlin.

Fixation des couvercles de cylindre des locomotives, système Kernaul.

Gares de Saint-Louis aux États-Unis, par M. Blanck, de Hanovre.

Calibre de perçage des traverses, par M. Schieffer.

Sabot de retenue pour wagons (brevet Westenberger).

Courbe des moments du fer et de l'acier dans les charges mobiles, par M. H. Lippold.

Appareil pour mesurer l'angle de calage des excentriques, par M. G. Kovacs, de Vienne.

Treuil différentiel d'Archimède, brevet Collet et Engolhard, de Offenbach-sur-Mein.

Cahiers II et III.

Chariot roulant à niveau pour atelier de réparation, par M. Eichholz, à Posen.

Poêle pour ateliers.

Atelier des tubes pour locomotive des chemins de fer badois, par M. Esser.

Vis différentielle (brevet Zobel), à deux vitesses et retour rapide.

Signal d'alarme pour wagon à voyageurs (brevet Pollitzer).

Boîte à feu perfectionnée (système Webb), par M. Gross.

Service continu de locomotive sur la ligne d'Odessa, par M. B. de S.

Gabarit de la voie et du dévers de la voie, par M. Schieffer.

Mesureur de la vitesse des trains, tachographe (brevet Gobel), par M. Lorey, de Darmstadt.

Frein pour les trains, système Surth.

Appareil hydraulique automoteur pour basculer les wagons, (système Rohde et Schmidt).

Formation des wagons couverts pour le transport des chevaux, par M. Fuchs, à Munich.

Grue roulante pour la défense des traverses métalliques, système Hilf, par M. O. Schulz.

Appareil pour essayer l'élasticité et la résistance du fer et de l'acier, établi par la Société de construction de machines, à Grafenstaden.

Influence de la grande vitesse du chaud dans la production de vapeur, par M. Koch, de Hanovre.

Pince pour le déplacement des wagons (système Borgsmuller et Bruckmann).

Considération sur la position des roues calées sur deux moyeux parallèles et accouplés par rapport aux rails, par M. Roschig.

Appareil pour mesurer l'usure des rails, par M. Hattemer.

Description d'une disposition pour empêcher le mouvement de lacet des trains, par M. Watzka.

Appareil de calage des excentriques, par M. Kordina.

Plaque tournante d'une remise mue par un moteur à gaz.

Traverses métalliques (brevet Hohenegger).

Voyageurs tués par les trains en Allemagne et aux États-Unis; par M. Hantzschel, de Strasbourg.

Tracé géométrique des croisements de la voie, par M. Kopka.

Cahier IV.

Voie à crémaillère, à New-Hampshire, par M. Gerhard.

Locomotive Compound (système Mallet), par M. Schaltenbrand.

Voie d'essai avec les traverses métalliques (système Lazare).

Tracé géométrique des croisements de la voie dans les chemins de fer allemands, par M. Susemihl.

Verrou d'aiguille avec un appareil de sûreté automatique (brevet Dunaj).

Système diagonal des ponts en fer pour résister à la pression du vent, par M. Winkler.

Théorie des freins (fin), par M. Ferron.

Appareil pour mesurer et contrôler l'angle de calage des excentriques de locomotive, par M. Suchaneck.

Boîte à graisse universelle avec graissage direct pour les véhicules de chemin de fer (brevet Krusner), par M. Henzel, de Prague.

Tracé des courbes de chemin de fer, par M. Sebens.

Carde pour crin, système Geiger, par M. Pfleiderer.

Vis et crochet d'attelage, par M. Pohl.

Assemblage de la manivelle, par M. Woytt.

Cahier V.

Rapport de charge des trains dans les rampes avec les poids de locomotives de différents systèmes nécessaires pour leur traction, par M. Muller.

Tirefonds des rails, par M. Susemihl.

Statistique des rails, par M. Pollitzer.

Tour à essieux d'atelier principal des chemins de fer badois, par M. Esser, à Carlsruhe.

Régulateur pour locomotives, par M. Tapezierer, de Teplitz.

Compte rendu de l'Exposition, par M. Stotzer.

Chaudière de locomotive avec boîte à feu en matériaux réfractaires, par M. Verderber.

Traverses métalliques, par M. Muller, de Magdebourg.

Appareil pour mesurer l'usure des bandages des roues, par M. O. Schulz.

Boulons d'écrous indesserrables pour éclisse, par M. Buch.

Considérations sur la combustion dans les chaudières de locomotives, par M. Zumach.

Influence de la conicité des bandages de roues sur le mouvement des wagons.

COMPLÉMENT.

Instrument pour relever les profils des bandages de roues et des rails, par la Direction des chemins de fer badois.

Éclairage électrique des ateliers, par Borodine.

Locomotive électro-dynamique, par M Schaltenbrand.

Nouveau crochet d'attelage supprimant les chaînes de sûreté (système Plate).

Wagon de terrassement basculant latéralement (brevet Kayser).

Appareil pour essayer les ressorts de suspension employé dans l'atelier du chemin de fer de Posen-Creuz-Bourg, par M. Eichholz.

Appareil pour mesurer la longueur, l'écartement et dévers des rails et leur tracé graphique, par M. Dorpmuller.

Wagon universel à marchandises, système Heusinger, de Waldegg.

Rapport entre les frais d'établissement et les frais d'exploitation des voies à écartement normal et voies étroites, par M. Jacobsen.

Signaux de gare en Allemagne.

Appareil hydraulique pour charger la houille dans la gare de Stendal, par M. Meyer.

Renseignements sur les traverses et longrines métalliques, par M. Claus.

Appareil pour couper les boulons, par M. Loschand.

Foyer de locomotives, par M. Zumach.

N. SERGUEEFF.

CHRONIQUE

Le Comité a décidé, dans la séance du 6 février 1880, que le *Bulletin de la Société* paraîtrait à l'avenir mensuellement, et qu'il contiendrait, en plus des procès-verbaux des séances et des mémoires donnés par les membres de la Société, une chronique et des comptes rendus destinés à nous tenir au courant des travaux des Sociétés savantes françaises et étrangères, ainsi, du reste, qu'il était prévu à l'article 80 de notre Règlement.

Il était nécessaire de donner au *Bulletin* sa nouvelle forme dès le commencement de l'année 1880, et la date de la décision du Comité indique suffisamment qu'il restait peu de temps pour la préparation du numéro de Janvier, si on ne voulait pas trop retarder la publication de ce numéro.

Le peu de temps qui nous était accordé, joint à ce fait que les premières publications de l'année de la plupart des Sociétés savantes ne nous étaient point encore parvenues, nous obligent à demander l'indulgence de nos Collègues pour ce premier numéro, dans lequel nous avons surtout eu pour but de leur montrer la forme que nous comptons donner à cette partie du *Bulletin*. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que tous nos efforts seront consacrés à chercher à la rendre digne de la Société et intéressante pour ses membres.

Nous croyons que nous ne pouvions mieux débuter qu'en donnant *in extenso* un discours prononcé par un Ingénieur américain de grand mérite, M. Clarke. Le sujet de ce discours intéresse les Ingénieurs civils de tous les pays. Il répond à des préoccupations que nous entendons souvent formuler autour de nous.

Quant à sa forme, sans prétention et familière sans vulgarité, elle nous paraît un excellent type de ce qu'on pourrait appeler l'éloquence de l'Ingénieur.

L'Avenir de la profession d'Ingénieur en Amérique.

DISCOURS D'INSTALLATION PRONONCÉ PAR M. THOMAS C. CLARKE, PRÉSIDENT DU CLUB DES INGÉNIEURS DE PHILADELPHIE, le 19 avril 1879.

MESSIEURS,

J'ai choisi ce sujet pour mon discours d'installation, parce que je crois qu'il n'y en a pas de plus intéressant pour les membres de cette Société; en

effet, la plupart de nos Collègues sont des jeunes gens qui commencent l'exercice de leur profession et dont la carrière dépend, en grande partie, de l'avenir du génie civil en Amérique.

Chaque année, le nombre de nos confrères s'accroît de centaines de recrues, les unes provenant des écoles techniques et scientifiques, d'autres, sorties des rangs de la grande armée des travailleurs, pour devenir chefs à leur tour. Tous prétendent faire du génie civil, dans une de ses branches, leur occupation et leur moyen d'existence, et sont par conséquent intéressés à savoir s'il y a de la place et du travail pour tout le monde.

La première chose qu'on demande à un état, c'est de vous fournir le moyen de vivre honorablement. On désire ensuite trouver l'occasion de faire un travail qui mette en lumière vos moyens, et vous procure une portion de cette renommée que nous apprécions tous.

Enfin, on cherche à payer la dette que tout homme contracte envers sa profession, en apportant sa pierre à l'édifice de la science de l'ingénieur et des sciences qui s'y rattachent. Si quelqu'un réalise un seul de ces trois objectifs, il doit s'estimer heureux; s'il réalise les trois, il a tous les droits au titre d'ingénieur éminent.

La définition la plus large et la plus concise à la fois de la profession d'ingénieur est dans les deux mots : *scientific construction*, la construction basée sur les principes de la science.

Si cette définition est exacte, il a existé des ingénieurs de tous temps, depuis l'époque où les anciens rois d'Égypte élevèrent les premières pyramides, mille ans avant la naissance d'Abraham, jusqu'à la génération qui a été témoin des travaux de Stephenson, de Morse, de Eads.

Mais s'il y a longtemps qu'il y a des ingénieurs, ce n'est que récemment qu'ils ont formé un corps et une profession distincts.

On donna d'abord le nom d'ingénieurs aux constructeurs de canaux, d'aqueducs, levées, jetées et autres travaux hydrauliques. Plus tard, on donna également ce nom aux personnes qui s'occupaient de la construction des chemins de fer et, maintenant, à une foule d'autres. Nous allons essayer de démontrer que de l'extension du cercle qu'embrasse la profession d'ingénieur dépend son avenir dans notre pays.

Une première question qui se présente est celle-ci : quelle préparation et quelle éducation doit recevoir un homme pour devenir un constructeur scientifique?

On a beaucoup discuté depuis un an ou deux sur l'éducation des ingénieurs. Je n'ai pas l'intention de traiter cette question. Il suffira de dire que nous sommes tous d'accord sur ce point, que cette éducation peut se diviser en deux branches, l'une qui vient des livres, l'autre qui vient de la pratique et du contact des hommes. L'une nous enseigne ce qu'il faut faire, l'autre comment il faut le faire. Les deux sont également indispensables. Plus un ingénieur a profité de la première branche d'éducation, ou en d'autres termes, plus les bases de son instruction technique ont été profondes et solides, plus il acquerra rapidement le complément d'éducation

et meilleurs seront les résultats qu'il obtiendra dans l'excercice de la profession.

Mais pour que les connaissances acquises lui soient utiles en pratique, il lui faut l'expérience.

De nos jours, le jeune ingénieur débute mieux préparé que ceux de la génération précédente. Il ne doit pas, toutefois, tomber dans l'erreur de croire que nos éminents prédécesseurs, qui n'ont jamais bénéficié des privilèges des écoles, n'avaient pas de connaissances scientifiques. Ils en avaient, mais ils les avaient tirées de leur propre expérience, et marchant en avant des livres de leur époque, ont été, dans bien des cas, les pionniers hardis et les investigateurs dont les découvertes nous profitent aujourd'hui sur les bancs de l'école.

Le point faible de l'ancien système, c'est que s'il a produit des hommes éminents, on doit reconnaître que la moyenne était inférieure à la moyenne actuelle, et bien souvent de grosses responsabilités endossées par des ignorants ont conduit à des pertes énormes; heureusement, leurs noms sont aujourd'hui oubliés avec leurs erreurs.

Le jeune ingénieur de notre époque ne doit pas perdre de vue qu'aujourd'hui, comme autrefois, il n'y a qu'un chemin pour arriver au succès. Celui qui veut commander, doit d'abord apprendre à obéir. Il doit prouver à ses chefs qu'on peut compter sur lui. Un homme qui a l'esprit occupé de grands intérêts, apprécie parfaitement la sagesse du dicton : *Ne faites jamais ce qu'un autre peut faire pour vous.* Mais pour cela, il faut qu'il puisse compter que ses assistants ne le tromperont pas, qu'ils lui présenteront les choses comme elles sont et qu'ils exécuteront ses instructions à la lettre.

Quand un jeune homme a montré qu'on peut compter sur lui, il ne tarde pas à monter en grade; on lui laisse alors plus d'initiative. Si, à l'énergie et au dévouement, il ajoute du jugement, du tact, et l'art d'employer les hommes, il peut être assuré d'arriver rapidement au premier but, la réussite matérielle.

Il trouvera bientôt ensuite l'occasion de faire quelque travail qui le mettra en lumière.

Enfin, sa première éducation scientifique l'ayant préparé à observer les faits et à en tirer des déductions, il arrivera tôt ou tard à apporter sa contribution à l'édifice scientifique. S'il ne fait pas lui-même des livres, il fournira tout au moins des matériaux pour en faire.

Nous avons rapidement indiqué la carrière de l'ingénieur qui réussit, dans les conditions actuelles de la profession ou plus exactement dans un passé encore près de nous.

Mais on va nous dire : les rangs sont déjà trop serrés et il arrive des nouveaux tous les jours. Bien que nous admettions le mérite du mot de Webster : il y a toujours de la place en haut, encore faut-il que nous sachions ce que nous deviendrons, nous autres gens de moyenne force. Nous n'aspirons pas aux premiers rangs de la profession, mais nous sommes portés au découragement en pensant qu'en Amérique, les ingé-

nieurs sont moins estimés et moins retribués que dans aucune autre contrée civilisée du globe.

L'avenir sera-t-il meilleur ou pire?

Montons-nous ou descendons-nous ?

Voilà de graves questions, et une réponse sérieuse serait bien utile. Je vais essayer de vous exposer mes idées, en pensant toujours à la modeste épitaphe du vieil arpenteur :

Son passé valait mieux que son avenir.

J'ai dit que de l'extension donnée à la classification des ingénieurs, dépend la solution du problème de l'avenir de la profession.

Si nous considérons que, tandis qu'un ingénieur n'est malheureusement pas toujours un constructeur scentifique, un constructeur scientifique est toujours un ingénieur, nous voyons combien sont nombreuses les portes qui nous sont ouvertes, et combien la foule ne tarde pas à s'éclaircir.

Voyons comme le nombre de ces portes à augmenté pendant le dernier demi-siècle.

Avant 1828, on appelait ingénieur un homme qui connaissait la construction des canaux et des ouvrages hydrauliques.

Quand Georges Stéphenson eut créé le chemin de fer moderne, on appela aussi ingénieurs les gens qui construisaient les chemins de fer. L'établissement des 130,000 kilomètres de chemins de fer des États-Unis, qui ont coûté plus de 22 1/2 milliards de francs (environ 175,000 francs par kilomètre), a naturellement employé le plus grand nombre d'ingénieurs. Après leur achèvement les chemins de fer en ont conservé beaucoup pour leur exploitation.

Depuis quelques années, la substitution du fer au bois, d'abord pour les ponts et viaducs de chemins de fer, puis pour les constructions de toute espèce, a développé une autre catégorie d'ingénieurs, qui, étant de nature énergique et envahissante, ont pris peut-être un peu plus que leur part de l'attention publique.

Le développement de notre richesse minérale qui est estimée s'être accrue de plus de deux milliards de francs, dans les trente dernières années, peut être apprécié par la liste de la Société des ingénieurs des Mines, qui compte 734 membres.

Nous avons maintenant les ingénieurs pour les distributions d'eau, la voirie et les égouts des grandes villes. La ville de Boston dépense actuellement quelque chose comme 20 millions de francs, pour l'installation d'un réseau d'égouts, qui surpassera, à quelques points de vue, même les travaux gigantesques de Londres.

M. Chesbrough, ingénieur de la municipalité de Chicago, fut un jour présenté dans une des Sociétés d'ingénieurs d'Europe, comme l'ingénieur audacieux, qui avait relevé de 10 pieds au-dessus de son niveau primitif une ville de 300,000 habitants.

A cette classe se rattachent les ingénieurs sanitaires, spécialistes dont

l'œuvre est d'appliquer les principes de la science à la construction de nos demeures, trop longtemps laissée entre les mains d'ignorants maçons et plombiers.

Nous avons l'honorable corps des architectes, qui devraient être tous des ingénieurs, c'est-à-dire des constructeurs scientifiques ; car, s'ils ne le sont pas, que peuvent valoir leurs constructions ?

Les grandes Compagnies de gaz emploient des hommes de science comme ingénieurs ; leurs soins paraissent avoir pour résultat plutôt d'augmenter les dividendes des actionnaires, que d'abaisser le prix du gaz.

Mais arrive une autre école de spécialistes, qui va y mettre bon ordre, les ingénieurs électriciens, dont le génie a déjà su éclairer nos ateliers, mieux et à meilleur marché que ne peut le faire le gaz.

L'avenir de l'électricité ne se borne pas aux vastes horizons de l'éclairage électrique et de la télégraphie ; il embrasse encore les moyens de transmettre les signaux et peut-être aussi la force motrice.

Une autre classe de spécialistes a un immense avenir dans ce pays, ce sont les ingénieurs agricoles, qui forment, depuis quelques années déjà, une profession distincte en Angleterre ; si on considère les immenses économies, que peut réaliser l'application des principes de la science aux travaux agricoles faits actuellement avec tant de négligence et de routine, ne voit-on pas qu'il y a là une voie à suivre pour les ingénieurs dans un avenir très rapproché ?

Il y a une catégorie d'ingénieurs, dont les services sont de plus en plus demandés. Ce sont ceux qui s'occupent des entreprises de travaux publics. Quelques-uns des hommes les plus habiles en Angleterre sont ingénieurs d'entreprises.

On comprend que, pour réussir dans cette branche, il faut être autre chose qu'arpenteur, dessinateur ou vérificateur de maçonneries, ou de terrassements. Il faut être d'abord et avant tout, ingénieur-mécanicien. Il faut connaître la mécanique statique et dynamique, et être familiarisé avec la construction des machines et des outils.

En Europe, un homme ne peut pas arriver comme ingénieur civil, s'il n'est pas versé dans la partie mécanique de la profession. Ainsi nous trouvons cette classe d'ingénieurs se livrant à l'intallation des usines de toute sorte, papeteries, filatures, sucreries, usines métallurgiques, etc., travaux qui, chez nous, regardent plutôt les fabricants que les ingénieurs.

Je ne veux pas dire que notre pays soit le moins du monde en arrière des autres sous le rapport de la mécanique ; il n'en est pas moins vrai que, si les Ingénieurs américains étaient en général, plus forts sur les questions de ce genre, on ne verrait pas des exploitations comme l'affaire des moteurs Keeley.

Une des traditions de la vieille école était que les ingénieurs doivent rester avec le plus grand soin en dehors des questions d'affaires. Les architectes et les ingénieurs civils étaient alors des employés du gouvernement, ou bien ils occupaient une position sociale analogue et craignaient de

déchoir s'ils s'occupaient d'affaires et étaient capables de connaître les prix et de passer un marché.

C'était un reste de l'ancien sentiment de mépris que les classes supérieures, les hommes d'épée, avaient pour les hommes d'affaires.

Les effets de cette malencontreuse tradition se font encore sentir actuellement au détriment de la profession. J'ai à peine besoin de dire qu'un ingénieur n'est qu'à demi à la hauteur de sa tâche, s'il n'est capable d'embaucher des ouvriers et d'acheter des matériaux pour mettre lui-même ses plans à exécution, si c'est nécessaire. Il en aura peut-être rarement l'occasion, mais son aptitude à le faire le met à même de contrôler le travail de l'entrepreneur et d'estimer justement le coût probable d'une construction.

Les ingénieurs européens se vantent d'être forts sur ces questions et c'est une des raisons pour lesquelles ils réclament leurs tant pour cent d'honoraires sur le montant des travaux; ils arrivent ainsi à la fortune, tandis que dans notre pays, les ingénieurs sont trop souvent payés comme des employés subalternes.

Il m'est arrivé quelquefois, en cherchant l'ingénieur d'un chemin de fer, de le découvrir à grand'peine logé dans un bureau poudreux, sous les combles, ignoré de tout le monde; au contraire, les distributeurs de billets, les employés de messageries, les agents de location des voitures de luxe, etc., se prélassent dans de superbes bureaux au rez-de-chaussée, ils touchent de bons appointements et jouissent de la considération publique. Il est vrai que ce sont des hommes d'affaires de première classe, tandis que le pauvre ingénieur ne l'est pas.

Que les ingénieurs de l'avenir, s'ils veulent réussir, apprennent à devenir des hommes d'affaires, qu'ils ne négligent pas la comptabilité. On entendra moins parler de travaux publics dépassant effroyablement le devis primitif, et la profession gagnera en considération.

Vous ne trouverez peut-être pas mauvais si j'ose rappeler que le peu de réputation que je possède, est dû à ce que le public sait qu'il peut se fier à mes devis comme temps et comme argent.

De ce que je viens de dire, vous pouvez juger que je ne vois pas l'avenir en noir pour nous.

La vérité est que l'Amérique a été faite ce qu'elle est aujourd'hui par les ingénieurs.

Les Fulton, les Morse, les Ericsson, les Howe, les Mac-Cormick, les Edison, etc., sont des ingénieurs, quand bien même leurs noms ont pu ne jamais figurer sur les listes des Sociétés savantes; tandis que, parmi les membres de ces mêmes Sociétés, quels sont ceux que, dans aucun pays, on peut mettre au-dessus des Jervis, des Latrobe, Eads, etc.

Suivons leurs traces. Le champ est vaste, car il comprend toute l'étendue de la construction scientifique, tandis que les travailleurs sont peu nombreux. De l'éclat du passé nous pouvons prévoir les gloires encore plus brillantes de l'avenir.

Quelques-uns d'entre nous ne vivront pas pour en être les témoins, mais il y a ici des jeunes gens qui assisteront aux plus grands triomphes de l'art de l'ingénieur que le monde ait encore vus.

Note sur le montage d'un pont métallique au chemin de fer de Pittsburg au lac Erié (États-Unis). — Les Ingénieurs américains indiquent comme un des plus grands avantages de leur système de construction de ponts, la possibilité de monter très rapidement des travées de grande portée, ce qui présente un intérêt capital sur des cours d'eau sujets à des crues considérables et subites.

Un des exemples les plus remarquables qu'on puisse citer est le montage du pont sur l'Ohio, à Rochester (Pensylvanie), sur le chemin de fer de Pittsburg au lac Erié. Ce pont a 762m,50 de longueur, les rails sont à 27m,50 au-dessus du niveau moyen de la rivière.

La superstructure est en fer, sauf quelques petites pièces en fonte. La travée centrale a 135 mètres de portée entre les axes des piles, les poutres ont 12m,80 de hauteur et sont écartées de 5m,50 d'axe en axe; il n'y a qu'une voie. Le poids est de 5200 kilogrammes par mètre courant, soit un poids de 700 tonnes pour cette travée.

Le montage de la travée centrale présentait de grandes difficultés à cause des crues subites et fréquentes de la rivière, et par suite du passage continuel de trains de bateaux de charbon venant de Pittsburg.

On se servit pour le montage, d'un pont de service en bois à trois travées formées de poutres treillis, système Howe, supporté par deux piles en bois, avec soubassements en maçonnerie, le tout supporté sur des plates-formes immergées dans la rivière.

On commença la construction du pont de service le 10 août 1878, et malgré les entraves résultant d'une crue, le travail fut terminé le 24 août. On commença immédiatement le montage de la partie métallique, et le 20 septembre la première machine put passer sur le pont.

Du 16 juillet au 1er août, les entrepreneurs avaient monté trois autres travées, dont deux de 70 mètres et une de 79 mètres.

Une charpente métallique pesant 700 tonnes mise en place à une hauteur au-dessus de l'eau de 27m,50 pour la partie inférieure et 40 mètres pour la partie supérieure, dans un temps si court et sur une rivière capricieuse, est un fait dont un constructeur peut être fier à juste titre.

Avec le système anglais ou continental de poutres rivetées, le montage d'un ouvrage de cette importance eût probablement demandé plus de mois qu'il n'a été employé de semaines; on doit de plus faire observer que la rapidité du montage permet d'employer des échafaudages moins soignés et plus économiques (Engineers's Club of Philadelphia, séance du 21 décembre 1878).

Expériences sur la compression des mélanges gazeux. — M. Cailletet a observé qu'un mélange d'air et d'acide carbonique à volumes égaux peut être comprimé dans l'appareil à liquéfier les gaz, jusqu'à la pression de 400 atmosphères à la température de zéro, sans se liquéfier.

Avec un mélange de 5 volumes d'acide carbonique et 1 volume d'air, l'acide carbonique se liquéfie aisément; mais si on augmente la pression jusqu'à 200 atmosphères, le liquide disparaît, et le tube semble rempli d'une matière homogène qui résiste à toute pression, comme pourrait le faire un liquide. Si on diminue la pression, on voit reparaître subitement le liquide à des pressions qui sont constantes pour des températures déterminées.

Le phénomène de la disparition du liquide ne pouvait s'expliquer par la chaleur dégagée par la compression, puisque l'appareil est maintenu à une température constante. M. Cailletet suppose que le gaz et le liquide se dissolvent mutuellement sous des pressions élevées, de manière à former un tout homogène (Comptes rendus de l'Académie des sciences).

La température des lacs gelés. — Des expériences faites par M. Buchanan sur le loch Lomond, en Écosse, paraissent devoir modifier les idées admises sur la limite de propagation verticale du froid dans l'eau douce. M. Forel a repris cet hiver ses expériences sur les lacs de Morat et de Zurich. Il a relevé la température depuis la surface jusqu'au fond, à 40 mètres de profondeur pour le premier de ces lacs et jusqu'à 133 mètres pour le second. La surface était gelée à 0,30 et 0,36 d'épaisseur.

M. Forel conclut que l'ancienne théorie qui admet le refroidissement progressif de toute la masse jusqu'à 4 degrés, puis le refroidissement des couches superficielles de 4 à 0 et leur stratification par ordre de densité, est exacte.

La pénétration du froid peut se faire jusqu'à 110 mètres de profondeur. Mais une fois la couche de glace formée à la surface, le refroidissement de l'eau est arrêté, et l'action ultérieure du froid est dépensée entièrement à l'accroissement d'épaisseur de la glace (Comptes rendus de l'Académie des sciences).

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 5 janvier 1880.

Le tunnel du Gothard. — Bien que la rencontre des deux galeries d'attaque du tunnel du Gothard, soit aujourd'hui un fait accompli, nous croyons devoir donner les détails suivants, contenus dans une lettre adressée par M. Colladon à M. Daubrée, à la date du 10 janvier. La rencontre d'une roche ébouleuse dans la galerie Nord, avait obligé, par prudence, à remplacer la perforation mécanique par le travail à la main, de sorte que la longueur percée du côté de Goschenen, du 11 novembre au 1er janvier, soit 51 jours, n'avait été que de 34m,90, tandis qu'elle avait été de 173 mètres pour les 49 jours précédents. La nature de la roche s'étant améliorée, on avait repris la perforation mécanique, et l'avancement avait lieu à raison de 3 mètres par jour; on pouvait donc espérer avoir terminé à la fin de février. Nous voyons que l'événement à heureusement confirmé cette prévision. M. Colladon ajoute qu'une fois la jonction opérée, le travail d'élargissement se fera dans de meilleures conditions, sous le rapport de l'aération et de la température.

Séance du 19 janvier.

Sciage de la glace. — A l'occasion d'une lettre adressée à l'Académie et dont l'auteur proposait, pour éviter les désastres que pouvait produire la débâcle de la Loire, de scier par morceaux la banquise qui couvrait le fleuve aux environs de Saumur, M. le secrétaire perpétuel rappelle que, au commencement du siècle, on préserva la ville de Viege en Valais d'une destruction probable, en sciant une immense banquise de glace qui la menaçait.

M. l'amiral Pâris rappelle également que, pendant la guerre de Crimée, il a dû faire scier la glace pour isoler les navires de sa division, et les protéger contre une attaque de l'ennemi. On s'est servi de scies faites de lames de tôle de 3 à 5 millimètres d'épaisseur avec les dents découpées à la tranche; on les lestait avec un boulet à une extrémité et une douille

ménagée à l'autre extrémité recevait une traverse au moyen de laquelle quatre hommes manœuvraient la scie. Ces scies s'émoussaient très peu et il fallait rarement limer les dents.

On employa également le sciage, pour dégager des navires, au moyen de traits de scie ayant jusqu'à 1,100 mètres de longueur, et s'écartant l'un de l'autre sous forme de V ouvert. Une précaution à prendre est de faire ces traits de scie en ligne bien droite, assurée au moyen de jalons et de lignes de sonde bien tendues.

Séance du 26 janvier.

Note de M. Resal, sur l'influence de la température et de l'élasticité sur les câbles des ponts suspendus.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Janvier 1880.

Note sur le plan incliné de Madison (États-Unis), par M. Gariel, ingénieur des ponts et chaussées. — L'exploitation de ce plan incliné a été faite en 1848, au moyen d'une locomotive agissant, soit par l'adhérence seule, soit par l'adhérence et par l'effet d'une roue dentée engrenant avec une crémaillère fixée entre les rails [1].

Note sur le tarage de l'hydrodynamomètre ou dynamomètre hydraulique, par M. de Perrodil, ingénieur des ponts et chaussées. — Sa note contient le détail des expériences faites pour déterminer le coefficient à introduire dans la formule, qui permet de déduire la vitesse d'un courant de l'observation faite sur cet instrument, destiné au jaugeage des cours d'eau et à l'étude des lois de l'hydraulique; elle donne en outre la comparaison de cet instrument avec le moulinet de M. Woltmann, le tube de Pitot, et l'emploi de l'appareil comme anémodynamomètre.

Note sur le chargement direct par la drague de wagons sur bateaux, par M. Gotteland, ingénieur des ponts et chaussées. — Le bateau porte six wagons d'un mètre cube, il peut se raccorder à la berge par une voie mobile en plan incliné à 16 °/₀ environ, la traction a lieu au

1. Cette machine a été décrite dans les Mémoires et Compte rendu de la Société des Ingénieurs civils, 2e trimestre de 1871, page 326.

moyen de deux chevaux; on peut ainsi décharger et transporter 198 mètres cubes en 12 heures.

La comparaison avec la méthode ordinaire de chargement en bateaux, puis rechargement en wagons, a donné les prix de revient suivants par mètre cube pour diverses distances :

Distances.	Chargement direct en wagons sur bateaux.	Chargement en bateaux.
200 mètres	0,95	1,22
400 —	1,04	1,31
700 —	1,11	1,38

Note sur un système de décintrement à galets pouvant fonctionner dans l'eau, par M. Henry, conducteur des ponts et chaussées.

Explosion d'une chaudière à vapeur dans une sucrerie à Carvin, extrait d'un rapport de M. l'Ingénieur ordinaire Duporcq. — La chaudière était composée d'un corps principal de $2^m,10$ de diamètre avec fonds plats, contenant cinq tubes de $0^m,30$ de diamètre, et de deux bouilleurs. Elle était timbrée à 4 kilogrammes. L'explosion paraît due à l'insuffisance de consolidation des fonds plats ainsi qu'au défaut de qualité et d'épaisseur de ces fonds.

Paris. — Imp. E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1880

N° 2

Pendant le mois de février les questions suivantes ont été traitées :

1° *Bulletin mensuel de la Société* (séance du 6 février, page 283).

2° *Pont de Dundee sur la Tay*, par M. Seyrig (séances des 6 et 20 février, pages 284 et 295).

3° *Décès du général Morin et de M. Gardeur le Brun* (séance du 20 février, page 293).

4° *Calcul des soupapes de sûreté adaptées aux chaudières* (Mémoire sur le), par M. le baron de Burg (séance du 20 février, page 295).

5° *Bulletin météorologique*, par M. Arson (séance du 20 février, pages 271 et 296).

6° *Appareils solaires* et les services qu'ils peuvent rendre, par M. Pifre (séance du 20 février, page 296).

7° *Travaux publics* (question préjudicielle relative à l'ensemble du programme général des), par M. Cotard (séance du 20 février, page 299).

Pendant le mois de février la Société a reçu :

De M. Pifre, membre de la Société, un Mémoire sur les *Appareils solaires et les services qu'ils peuvent rendre dans les travaux de l'Exploitation des Chemins de fer du Trans-Saharien.*

De M. Lecœuvre membre de la Société, des Autographies des *Supports de transmission de mouvement employés à l'Exposition universelle de* 1878 (*Galerie des Machines*).

De M. Courtines, membre de la Société, un Mémoire sur le *Canal et Chemin de fer de Panama* (Rédigé en 1847).

De M. Armengaud aîné, membre de la Société, un exemplaire du 25e volume de la *Publication industrielle des Machines-Outils*, et deux exemplaires d'un livre sur la *Législation des Brevets dans les principaux pays industriels*, et un exemplaire d'une *Notice Biographique de M. L. X. Gargan, président honoraire de la Chambre syndicale des mécaniciens.*

De M. Sébillot, Ingénieur, un exemplaire de sa brochure sur son *Projet de Chemin de fer interocéanique pour navires* (*Isthme de Panama*).

De M. Gaune, membre de la Société, un exemplaire de son Rapport sur les *Eaux de Toulon*, présenté au Conseil municipal de cette ville.

De M. Fougerousse, un exemplaire de son ouvrage sur les *Réformes produites dans l'organisation du travail par divers chefs d'industrie, patrons et ouvriers.*

De M. Bergeron, membre de la Société, un exemplaire de sa Notice sur les *Réformes dans la pose et l'entretien de la voie des chemins de fer.*

De M. Cornut, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France, un exemplaire de son *Étude Géométrique des principales distributions en usage dans les machines à vapeur fixes*, avec atlas.

De M. Fouret, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur le *Mouvement d'un corps qui se déplace et se déforme en restant homothétique à lui-même* et un exemplaire d'une Note sur les *Surfaces de vis.*

De M. Hallopeau, membre de la Société, une Note sur un nouveau système d'arrêt pour les *Écrous des boulons de toutes dimensions*, de MM. Paulet et Chabrand, ingénieurs.

De M. Konyves-Thot, ingénieur, un exemplaire de son Rapport intitulé : *Der Durchschlag des Saint-Gotthard-Tunnels.*

De M. Trélat, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur l'*Effondrement du marché du Château d'Eau.*

De M. Vallot, membre de la Société, le Rapport de la Commission chargée d'étudier les *Voitures et wagons à l'Exposition universelle de* 1878.

De M. Hersent, membre de la Société, quatre *Photographies du premier bassin de radoub construit à Toulon.*

De M. Jules Flachat, membre de la Société, une Note sur les *Conditions d'Établissement et d'Exploitation des chemins de fer d'intérêt local.*

De M. Lencauchez, membre de la Société, une Note sur le *Réchauffeur d'alimentation pour locomotives.*

De M. Gardé, membre de la Société, une Note sur la *Distillation des Térébenthines.*

De M. Sautereau, membre de la Société, un exemplaire d'un Mémoire sur l'*Abyssinie et les Intérêts français dans le centre de l'Afrique.*

De M. Kowalski, membre de la Société, un exemplaire de son Mémoire sur l'*État actuel des chemins de fer en Algérie.*

De M. Villevert, ingénieur, un exemplaire de sa Note sur le percement du *Saint-Gothard au point de vue commercial, stratégique, de transit et des travaux.*

De M. le baron de Burg, membre de l'Académie des sciences de Vienne, un exemplaire de son Mémoire sur l'*Efficacité des soupapes de sûreté adaptées aux chaudières* (en allemand).

Della societa Italiana per le strade ferrate Meridionali. — *Risposte al Questionario della Commissione parlamentare d'inchiesta sull' esercizio delle ferrovie Italiane.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bouvret, présenté par MM. Arsac, Auderut et Martin Louis.
Chassevent, présenté par MM. Demimuid, Desnos et Martin Auguste.
Humbert, présenté par MM. Lavalley, Mathieu et Molinos.
Potier de la Berthelière, présenté par MM. Guillemant, Lagarde et Moreau.

RAPPORT

SUR

LES LOCOMOTIVES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878 (1)

PAR M. MAX. DOUAU

SECRÉTAIRE-RAPPORTEUR DE LA SECTION

La Commission à laquelle le Comité avait confié l'étude des locomotives à l'Exposition universelle, a bien voulu nous charger de présenter, en son nom, le rapport résumant ses recherches et ses travaux. Nous avons fait tous nos efforts pour rendre ce travail aussi complet que possible, afin de montrer combien notre Société est jalouse de maintenir la réputation qu'elle s'est justement acquise, et que l'Exposition de 1878 n'a fait que confirmer d'une manière éclatante.

Nous devons, tout d'abord, faire connaître le but poursuivi par la Commission, et la manière dont elle a procédé pour mener à bonne fin la mission qui lui était confiée. Elle a pensé qu'il était de son devoir non seulement de réunir tous les documents relatifs aux appareils qu'elle devait étudier et de provoquer, toutes les fois qu'il était possible, les explications des constructeurs ou inventeurs des différents types exposés; mais encore, profitant de l'occasion qui lui était offerte, de réunir un certain nombre de renseignements sur des machines non exposées, mais employées dans différents pays, de manière à enrichir notre bibliothèque de notices d'autant plus précieuses qu'il est difficile de les obtenir en temps ordinaire.

1. La Section était composée de MM. Gottschalk, président, Douau, secrétaire, Banderali, Chapman, Chobrzynski, Deghilage, Desgrange, de Fonbonne, Guébhard, Lecocq, Mallet (Anatole), Morandiere (Jules), Parent (Louis) et Vallot (Henri).

Nous sommes heureux de saisir cette occasion pour adresser nos remercîments aux Compagnies diverses, aux constructeurs français et étrangers, pour l'empressement qu'ils ont mis à répondre à l'appel qui leur avait été adressé; cet empressement a facilité nos recherches et nous a permis d'atteindre le but que nous nous étions proposé.

Pour rendre cette étude fructueuse, nous devions adopter une classification méthodique des différents types exposés et nous nous sommes arrêté à celle qui paraît être la plus naturelle et qui consiste à grouper ensemble les locomotives destinées aux mêmes services, d'après l'indication des exposants eux-mêmes.

Cette classification est la suivante.

A. — Locomotives à voyageurs comprenant :

1° Locomotives pour trains rapides et lourds;

2° Locomotives pour trains de voyageurs ordinaires. . . { *a* — à quatre roues couplées; *b* — à six roues couplées.

B. — Locomotives pour trains de marchandises. . . . . { *a* — à six roues couplées; *b* — à huit roues couplées.

C. — Locomotives pour services divers et spéciaux.

D. — Locomotives pour chemins industriels, agricoles à voie étroite, comprenant :

1°	Machines pour voie de.		1^{m},000;
2°	—	—	0^{m},910;
3°	—	—	0^{m},890;
4°	—	—	0^{m},800;
5°	—	—	0^{m},750;
6°	—	—	0^{m},710;
7°	—	—	0^{m},600;
8°	—	—	0^{m},500.

E. — Locomotives pour tramways.

Nous avons, tout d'abord, dressé des tableaux donnant les conditions principales d'établissement de toutes les locomotives exposées, tableaux dont l'utilité n'échappera à personne, car ils résument dans une certaine mesure le travail dont nous avons été chargé.

Dans ce rapport, nous avons suivi l'ordre ci-après, qui nous a paru s'imposer de lui-même par suite de la classification que nous venons

d'indiquer : Description sommaire des machines qui se trouvent dans les deux premières classes *A* et *B*, et qui représentent le matériel de traction pour les chemins de fer à voie ordinaire dans les conditions normales; puis examen comparatif de leurs parties similaires, tant au point de vue des formes et des dispositions adoptées qu'à celui des matières dont on fait usage.

Pour les locomotives des autres groupes, nous rendrons les descriptions plus complètes, de manière à bien faire connaître les particularités qui peuvent se rencontrer dans chaque type; en examinant les tableaux, on voit en effet que là le travail comparatif ne présenterait aucun avantage, attendu que les conditions dans lesquelles chaque machine a été établie, sont très différentes.

Il est néanmoins bien entendu que nous ferons tous les rapprochements possibles, alors que des conséquences utiles en pourront être tirées et que nous examinerons à part, et d'une manière détaillée, les systèmes particuliers de construction, etc., que nous rencontrerons.

Nous terminerons enfin par une étude des freins de locomotives et par l'indication des appareils divers qui s'y rapportent plus spécialement.

Une remarque à faire en commençant : on peut dire, d'une manière générale, que les machines à voyageurs dominent à l'Exposition universelle de 1878. De plus, toutes ces locomotives sont à roues couplées.

C'est la conséquence des nécessités imposées au service de l'Exploitation; le besoin de maintenir la vitesse des trains, alors que leur charge devenait plus considérable, rendait indispensable l'emploi de machines plus puissantes, conservant en même temps la qualité de marcher à une vitesse égale, sinon supérieure, à celle qui était adoptée pour les types express à roues libres, presque exclusivement employés par la plupart des Compagnies, il y a encore quelques années.

Il est également une autre remarque fort importante, c'est la tendance des ingénieurs à établir des grilles et des foyers destinés à brûler non seulement des charbons tout-venants, mais même des menus.

A. — Locomotives pour trains de voyageurs.

1° LOCOMOTIVES POUR TRAINS RAPIDES ET LOURDS.

Les machines destinées au service des trains rapides et lourds sont au nombre de huit, dont deux exposées par des pays étrangers, l'Angleterre et l'Italie; les six autres appartiennent aux grandes Compagnies françaises; chacune de celles-ci a envoyé le plus récent des types successivement créés pour répondre aux exigences de plus en plus grandes du service de l'Exploitation.

Nous les examinerons dans l'ordre suivant : Sharp, Ouest, Nord, Est, Midi, Orléans, Lyon et Haute-Italie.

Locomotive de Sharp, Stewart et C^ie^. — Cette locomotive a ses cylindres intérieurs et elle est portée sur trois essieux dont les deux d'arrière, à roues de 1^m^,982, sont couplés.

Les pistons sont garnis de segments en bronze, et des bagues de même métal, sans clavettes, garnissent les têtes de bielles d'accouplement; la tige du piston, les bielles, les essieux et les boutons de manivelles sont en acier Bessemer; les glissières sont en fer forgé; les coulisseaux et les colliers d'excentrique sont en fonte.

Pour le passage dans les courbes, un jeu transversal de 13 millimètres de chaque côté est ménagé à l'essieu porteur, dont les boîtes sont munies de plans inclinés.

Le sommet de la boîte à feu ne fait pas saillie sur le corps cylindrique, dont les tôles sont assemblées par emboîtement successif; le foyer présente, en outre, une disposition spéciale que nous examinerons en nous occupant de cette partie de la machine.

L'alimentation se fait par deux injecteurs, et la machine est munie d'un frein hydraulique du système Webb, agissant sur les roues couplées.

Machine de la Compagnie de l'Ouest. — Cette machine sort des ateliers de la Société de construction des Batignolles; c'est la plus

récente modification d'un type créé en 1855, lorsque la nécessité s'est fait sentir de remorquer les trains express avec des machines à deux essieux accouplés munis de grandes roues; leur diamètre est de $1^{m},92$. Les cylindres sont intérieurs; les bielles agissent sur un essieu du système Martin, système employé par la Compagnie depuis 1864; la distribution est extérieure; les bielles sont munies de *graisseurs autrichiens*, sans mèches; le régulateur est extérieur au dôme; enfin, la coulisse est rectiligne avec coulisseau extérieur.

La tige du tiroir est munie d'un fourreau avec écrou extérieur, pour éviter la corrosion de pièces taraudées ou mortaisées plongées dans un courant de vapeur.

Le tender est d'un type uniforme pour toutes les machines de la Compagnie, il est à deux essieux avec roues de $1^{m},120$; le châssis est en fer, la caisse repose sur un plancher en bois; les boîtes sont du système Delannoy; les tiges de suspension des ressorts ne traversent pas les maîtresses feuilles; le frein est du système Stilmant.

Les caisses à eau ont une capacité de $6^{m3},300$, et l'approvisionnement de combustible peut atteindre 3,500 kilogrammes.

Un attelage spécial a été employé dans le but de contrarier les mouvements de perturbation, sans apporter trop de résistance au passage dans les courbes de faible rayon des gares et dépôts.

Machine de la Compagnie du Nord. — Cette machine est destinée à la traction sur les grandes lignes; mais elle doit également servir à assurer le service à grande vitesse sur des lignes à profil accidenté et présentant des courbes de petits rayons. C'est pour répondre aux nécessités imposées par les conditions qui précèdent, et pour permettre l'inscription et le passage dans de semblables courbes, en conservant à la machine une grande stabilité, que l'essieu porteur a été remplacé par l'avant-train américain désigné généralement aujourd'hui sous le nom de *bogie*.

Les roues motrices, au nombre de quatre, sont à l'arrière et ont un diamètre de $2^{m},100$; le mécanisme est intérieur, les bielles d'accouplements sont extérieures et garnies de bagues sans serrage. — La distribution est opérée par une coulisse de Stephenson. L'alimentation se fait par des injecteurs Friedmann.

Cette machine est munie d'un frein à vide, et du sifflet électro-magnétique du système Lartigue et Forest.

Une disposition, imaginée par MM. Delebecque et Banderali, assure en outre la manœuvre automatique du frein lorsque l'on se trouve en présence d'un disque tourné à l'arrêt.

Le tender, porté par deux essieux avec roues de $1^m,2175$, permet d'emmagasiner 8,000 litres d'eau et 3,000 kilogrammes de charbon.

Machines des Compagnies de l'Est et du Midi. — Les machines exposées par ces deux Compagnies doivent être décrites simultanément; car elles peuvent être considérées comme similaires, au point de vue de leurs dispositions d'ensemble. Elles ont leur mécanisme extérieur, et les cylindres ne sont pas placés à l'avant même de la locomotive, mais plus près du centre, entre l'essieu d'avant et celui du milieu, comme dans le type Crampton.

Dans la machine de l'Est, le diamètre des roues couplées est de $2^m,300$. Le foyer est au-dessus de l'essieu d'arrière. Les cylindres sont compris entre des longerons extérieurs et intérieurs. On a réalisé ainsi une machine à deux essieux couplés, rappelant jusqu'à un certain point, quant à l'extérieur, la physionomie des locomotives Crampton.

Pour faciliter le passage dans les courbes, l'essieu d'avant a dans ses boîtes un jeu latéral de 10 millimètres dans chaque sens, réglé par l'emploi de plans inclinés.

Les garnitures métalliques du système Duterne sont employées.

La distribution est à coulisse renversée dite de Gooch. — L'alimentation se fait au moyen d'injecteurs Friedmann; enfin la machine est munie de l'appareil à injection d'eau et de vapeur, système Lechâtelier, pour la marche à contre-vapeur; en outre, un frein à main commandé par crémaillère agit sur la roue porteuse.

Dans la machine du Midi, il n'y a pas de deuxième longeron extérieur, et le diamètre des roues couplées est seulement de $2^m,09$; les injecteurs sont du système Bouvret; les ressorts de suspension des roues couplées sont placés en dessous des essieux: enfin, les boîtes à graisse de l'essieu porteur sont munies de plans inclinés.

Comme particularité, nous indiquerons que la boîte à fumée présente à la partie inférieure une trémie destinée à recevoir les escarbilles; la machine est, en outre, pourvue d'un graisseur à vapeur pour les cylindres, fixé à l'arrière à portée du mécanicien.

Dans l'une et l'autre de ces deux locomotives, l'arbre de relevage a dû être placé à la partie supérieure, et son installation est quelque peu compliquée.

Le tender de l'Est doit emmagasiner 10 mètres cubes d'eau et 2,500 kilogrammes de charbon; il est à quatre roues de 1m,220 de diamètre, avec châssis en fer et longerons en tôle d'une seule pièce; le frein est commandé par une crémaillère.

Celui du Midi est à trois essieux avec roues de 1m,200, et permet d'emporter 9 mètres cubes d'eau et 3,000 kilogrammes de combustible, en vue de parcours de 130 kilomètres sans arrêts; un frein agit sur les trois paires de roues.

Machines des Compagnies de Paris-Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée. — Ces deux Compagnies ont envoyé deux machines qui présentent, comme celles que nous venons d'indiquer, les mêmes dispositions et sont par suite absolument comparables.

La Machine de la Compagnie d'Orléans dérive de la machine à trois essieux exposée en 1867. Une première machine à quatre essieux, obtenue par transformation, fut mise en service en juillet 1873; elle avait été modifiée pour répondre aux besoins nécessités par le service des trains rapides entre Paris et Bordeaux. Les roues motrices ont 2 mètres de diamètre; les roues porteuses, 1m,260.

Cette locomotive a été établie dans les conditions suivantes : Les cylindres et le mécanisme sont extérieurs, et on a combattu la tendance au mouvement de lacet en augmentant l'empattement de la machine, ainsi que la charge de l'essieu porteur d'avant et en effectuant la liaison avec le tender au moyen d'un attelage à ressorts et de tampons élastiques suffisamment rigides. — Les longerons sont intérieurs, sauf pour l'essieu d'arrière, dont les boîtes sont maintenues par des plaques de garde rapportées extérieurement.

Pour faciliter le passage dans les courbes, les essieux porteurs sont munis de coussinets à plans inclinés.

La chaudière présente une grande surface de chauffe, les tôles ont une grande longueur; le foyer est du système Ten-Brinck, employé depuis quinze ans par la Compagnie sur près de sept cents locomotives.

Nous ajouterons que les deux essieux accouplés ont une suspension commune établie au moyen d'un balancier.

L'alimentation est assurée au moyen :

1° D'un injecteur du système Bouvret ;

2° D'une pompe à double effet, à deux pistons.

La machine est de plus munie d'un appareil à contre-vapeur.

Le tender est porté par deux essieux, avec roues de 1m,260.

Les approvisionnements sont :

Eau.	10 mètres cubes.
Combustible.	3,000 kilogrammes.

Le frein est à sabots en fonte.

La locomotive du Paris-Lyon-Méditerranée dérive d'un type adopté, en 1867, d'après le modèle créé à la même époque par le chemin d'Orléans.

On a conservé aux tubes une grande longueur (4m,95) ; de là, la nécessité de mettre un essieu porteur à l'arrière pour éviter le trop grand porte à faux du foyer. Les roues motrices ont 2m,100 ; les roues porteuses, 1m,300.

Les cylindres ont 0,650 de course et 0,500 de diamètre ; cette dernière dimension n'avait pas encore été employée jusqu'à ce jour pour les machines à voyageurs. Tout le mécanisme est extérieur ; la distribution est réglée par une coulisse de Gooch ; les garnitures des tiges de piston et de tiroir sont métalliques (système Duterne) ; enfin, la machine est munie d'un appareil à contre-vapeur.

Le tender est à six roues de 1m,200 avec double longeron. Les approvisionnements sont :

Eau.	10m3, pouvant être facilement portés à 12 mètres.
Combustible. .	4,000 kilogrammes.

Le frein agit sur chacune des roues ; le serrage se fait au moyen du double écrou Delpech, qui a pour but de donner une avance rapide des sabots du frein jusqu'au moment du contact avec la roue, et une grande puissance à partir de ce moment pour le serrage du frein.

Machine des chemins de fer de la Haute-Italie. — Cette machine qui sert au service des express de grande ligne des chemins de la Haute-Italie, a été construite dans les ateliers de Florisdorf, elle présente la disposition que nous avons rencontrée dans la machine du Nord français et consistant en un bogie à l'avant pour faciliter le passage

dans les courbes de petit rayon. Les roues motrices ont seulement un diamètre de 1m,820, c'est à l'Exposition la dimension la plus réduite pour les locomotives destinées au service des trains rapides et lourds; pour les roues du train articulé, ce diamètre est de 0m,960. Le truck a été combiné de telle sorte que la plus grande partie de la charge repose sur le pivot.

Le châssis est intérieur; les cylindres et le mécanisme de distribution sont extérieurs; la détente est commandée par une coulisse de Gooch.

Nous ferons remarquer que pour l'alimentation cette machine est munie, à titre exceptionnel et en vue de l'Exposition :

1° D'un injecteur du système Friedmann;

2° D'une pompe du système Chiazzari;

3° D'un injecteur Friedmann, modifié dans le système Mazza, pour alimenter à l'eau chaude.

Le tender repose sur trois essieux dont les roues ont un diamètre de 1m,200; il permet d'emporter les approvisionnements suivants :

Eau.	8 mètres cubes.
Combustible.	3,000 kilogrammes.

Un frein ordinaire agit sur les six roues. — Ce tender porte le complément des appareils Mazza.

2° LOCOMOTIVES POUR TRAINS DE VOYAGEURS ORDINAIRES.

Ces locomotives sont au nombre de huit, dont six étrangères et deux françaises; elles se divisent en deux catégories : celles à quatre roues accouplées, celles à six roues accouplées.

A. — *Machines à quatre roues accouplées.*

Nous comptons cinq machines de ce genre, savoir d'après leur ordre de classement au tableau : État suédois, Dombes et Sud-Est, Fairlie, Ouest et Grand-Central belge.

Locomotive des chemins de fer de l'État de Suède. — Les cylindres sont extérieurs aux longerons; les excentriques, les tiroirs et tout le mécanisme de distribution sont, au contraire, inté-

rieurs; les roues motrices placées au milieu ont un diamètre de 1m,560; le dernier essieu se trouve sous le foyer.

La machine est pourvue d'un appareil à contre-vapeur.

Le changement de marche est placé à gauche de la machine, à l'inverse de ce qui existe dans les locomotives françaises.

Le tender de cette locomotive est porté par deux essieux dont les roues ont 1m,080 de diamètre; l'empattement est de 2m,600.

La capacité des caisses à eau est de 7m3,500 et le poids de combustible emporté est de 2,800 kilogrammes.

Locomotive-tender du Creuzot. Compagnie des Dombes et du Sud-Est. — Cette machine est destinée à faire un service de voyageurs à une vitesse de 45 à 50 kilomètres à l'heure, sur des lignes à courbes de faible rayon; elle est portée par trois essieux, les deux d'arrière moteurs ont des roues de 1m,610 de diamètre.

Les cylindres et le mouvement de distribution sont extérieurs; le troisième essieu est placé sous le foyer; le graissage des cylindres se fait par un robinet placé à portée du mécanicien. La chaudière est munie d'une grande grille disposée pour brûler les charbons menus.

L'essieu d'avant a un jeu latéral de 20 millimètres, et les boîtes sont munies de plans inclinés.

L'alimentation est faite par deux injecteurs à cônes fixes.

Un frein à vis à quatre sabots agit sur les roues couplées; le frein à contre-vapeur est du système Harmignies.

Locomotive Fairlie. — La locomotive exposée par M. Fairlie diffère essentiellement du type ordinaire imaginé par cet ingénieur, et consistant à placer sur un même châssis deux machines accolées ayant un foyer unique.

La machine que nous avons à décrire présente la particularité suivante, c'est d'être portée par quatre essieux formant deux trains articulés avec cheville ouvrière, de manière à faciliter le passage dans les courbes de petit rayon. Les roues motrices et accouplées du train d'avant ont un diamètre de 1m,680; les roues porteuses du train d'arrière ont seulement 1m,220.

Les longerons sont intérieurs, tandis que les cylindres et le mécanisme de distribution sont extérieurs; la distribution est du système Walschaert. Les tuyaux de prise de vapeur, en raison de la position

des cylindres sur un train articulé, doivent être flexibles; ils ont une grande longueur et se recourbent sur eux-mêmes, près de la cheville ouvrière, pour que les mouvements auxquels ils doivent se prêter aient une amplitude minima; ils présentent, en conséquence, des articulations avec stuffing-box, et cette disposition est loin d'être exempte de critique.

Les approvisionnements sont placés à l'arrière et chargent les deux dernières paires de roues.

Locomotives-tender de la Compagnie de l'Ouest et du Grand-Central belge. — Ces deux machines présentent une disposition générale semblable, avec deux essieux porteurs encadrant deux essieux moteurs.

La locomotive de l'Ouest, construite par la Société de Fives-Lille sur les plans de la Compagnie, est destinée à faire le service de pilote; les cylindres et le mécanisme de distribution sont intérieurs; les roues motrices ont un diamètre de $1^{m},65$; elle est pourvue de caisses renfermant tous les agrès nécessaires au service spécial auquel elle est affectée.

Les caisses à eau ont une contenance de 6,500 litres, égale à celle d'un tender ordinaire.

Les boîtes des essieux porteurs sont munies de plans inclinés; le régulateur est à l'extérieur du dôme; les garnitures sont métalliques (système Duterne); enfin, la machine est pourvue d'un appareil à contre-vapeur.

Quant à l'alimentation, elle se fait au moyen de deux injecteurs aspirants verticaux du système Turck.

La locomotive du Grand-Central belge, construite par la Société de Marcinelle et Couillet, a été étudiée pour remorquer des trains moyennement lourds, sur des embranchements de longueur moyenne présentant des rampes de 10 à 14 millimètres par mètre.

Les roues motrices, également chargées, ont un diamètre de $1^{m},700$; les cylindres et tout le mécanisme sont extérieurs; la distribution est du système Walschaert. Comme dans la machine précédente, toutes les garnitures sont métalliques.

Le foyer est du type Belpaire; les injecteurs sont du système Wehrenpfennig; le manomètre est du système Rau, à cadre transparent avec éclairage intérieur.

Un frein à vis à sabots en fonte agit sur les roues motrices; le changement de marche est à vis et à levier.

Un abri couvre la plate-forme d'arrière; enfin, la locomotive est munie des appareils pour le chauffage des wagons par circulation d'eau du système Belleroche.

B. — *Machines à six roues accouplées.*

Les machines à voyageurs à trois essieux couplés sont beaucoup moins nombreuses que les précédentes; elles sont seulement au nombre de trois et appartiennent à des Compagnies étrangères, ce sont les suivantes : État belge, Theiss-Bahn (Hongrie) et Sud-Bahn (Autriche).

Locomotive-tender à voyageurs du chemin de fer de l'État belge. — Cette locomotive a été étudiée en vue de desservir avantageusement les lignes à profil accidenté, de même que les embranchements sur lesquels ne se trouvent pas de plaques tournantes de grandes dimensions.

La chaudière et le mécanisme moteur sont du type généralement employé sur les chemins de fer de l'État belge pour les locomotives à marchandises à six roues couplées.

La machine est supportée par cinq essieux dont les trois du milieu sont couplés et portent des roues de $1^{m},700$ de diamètre, le dernier de ces essieux est placé sous le foyer; ceux des extrémités sont porteurs et rayonnants suivant la disposition proposée, il y a plus de vingt ans, par notre collègue M. Edmond Roy; la symétrie des roues facilite la circulation dans les deux sens.

Tout le mécanisme est intérieur; les cylindres sont inclinés; les bielles d'accouplement sont extérieures au bâti, qui est lui-même extérieur aux roues.

Indépendamment du frein à contre-vapeur et de la manœuvre à vis, la machine est pourvue d'un frein automatique à air comprimé du système Westinghouse.

Machine de la Compagnie du chemin de fer de la Theiss. — Cette machine, construite dans les ateliers des chemins de fer de l'État

hongrois, à Buda-Pesth, représente un nouveau type de locomotive devant servir à la traction à grande vitesse de trains mixtes et de trains de voyageurs pesamment chargés; elle n'a pas encore été mise en service.

Les roues sont du diamètre de $1^m,618$, et les cylindres, extérieurs aux longerons; le mécanisme de distribution est, au contraire, à l'intérieur; les longerons sont simples.

La machine devant être chauffée au bois, la cheminée est munie d'un appareil à retenir les étincelles du système Klein.

La prise de vapeur dans le dôme se fait par un régulateur à tiroir équilibré; les tiroirs de distribution de vapeur sont cylindriques et placés au-dessous du cylindre. Cette disposition a pour but d'éviter les accidents provenant de l'accumulation de l'eau de condensation dans les cylindres tout en permettant la suppression des purgeurs.

Ces tiroirs sont de plus équilibrés par leur forme même.

Locomotive de la Compagnie des chemins de fer du Sud de l'Autriche. — Cette machine, construite dans les ateliers de Floridsdorf, a été étudiée dans le but de créer un type se prêtant également à la traction des trains de voyageurs en montagne et des trains de marchandises en sections moins accidentées.

Les cylindres sont extérieurs, mais le mécanisme de distribution est intérieur; ce mécanisme a été rendu très abordable, grâce au relèvement du corps cylindrique.

La chaudière et la grille de cette nouvelle machine présentent à peu près les dimensions de celles des locomotives de la série n° 32, dont les dimensions sont consignées dans les documents recueillis par la Commission (voir également : *Mémoires et compte rendu de la Société des Ingénieurs civils*, mai et juin 1878. — Tableau n° 9). Le diamètre des cylindres a été augmenté, et il en a été de même de la pression absolue de la vapeur; enfin, les différents organes principaux de la machine ont été renforcés de manière à obtenir de meilleures conditions pour l'entretien.

Cette machine est munie d'un frein pneumatique et en même temps du frein à contre-vapeur Lechâtelier; l'alimentation se fait au moyen des nouveaux injecteurs Friedmann; un graisseur pour les boudins des roues d'avant facilite le passage dans les courbes de petit rayon; enfin, une disposition spéciale, pour nettoyer les rails à l'aide d'un jet d'eau

venant de la chaudière, a été appliquée; en un mot, on a reproduit dans l'établissement de cette locomotive tous les perfectionnements introduits dans ces derniers temps.

Le tender, non exposé, est à trois essieux avec roues de $1^{m},106$ de diamètre. Les approvisionnements qu'il peut emporter sont les suivants :

Eau.	$8^{m3},550$.
Combustible.	$7^{m3},270$.

B. — Locomotives pour trains de marchandises.

Les machines de cette classe sont peu nombreuses (six seulement); elles se divisent en deux groupes d'après le nombre de leurs roues accouplées.

A. — *Machines à six roues accouplées.*

Nous comptons trois locomotives de ce type, à savoir : Paris-Lyon-Méditerranée, Ouest et Philadelphie à Reading.

Machines de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée — Les machines de ce type sont destinées à faire le service des marchandises sur les lignes à pentes inférieures à 20 millimètres, et le service des voyageurs sur les lignes à pentes de 15 à 25 millimètres.

Ce type dit du *Bourbonnais* date de 1855, et il a conservé encore aujourd'hui des avantages suffisants pour qu'on continue à le reproduire. La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée possède mille locomotives de ce modèle (n^{os} 1401 à 2400).

Le diamètre des roues est de $1^{m},300$.

Les cylindres sont extérieurs, la distribution et les tiroirs sont intérieurs.

La grille est inclinée de l'arrière à l'avant; la boîte à fumée est munie de la grille réglementaire empêchant la sortie des flammèches.

La distribution se fait au moyen d'une coulisse Stephenson, et la machine est munie d'un appareil à contre-vapeur.

Le tender, non exposé, est à quatre roues de $1^m,200$ de diamètre et présente un empâtement de $2^m,500$; il permet d'emporter les approvisionnements suivants :

Eau.	8^{m3}.
Combustible.	1,200 kilogrammes.

Le frein est à quatre sabots en bois.

Machine de la Compagnie de l'Ouest. — La machine exposée a fait plusieurs années de service, et appartient au modèle de locomotives à marchandises adopté depuis 1866; elle a été construite dans les ateliers de la Compagnie de Fives-Lille.

Les diverses séries de ce type ne diffèrent entre elles que par certains détails qui ont été améliorés dans celles de construction récente. On a augmenté notamment les dimensions du foyer ainsi que celles des différents organes.

Les roues ont un diamètre de $1^m,410$; le mécanisme est extérieur.

Le corps cylindrique est muni d'un robinet spécial permettant de faire la vidange à chaud.

Le tender, non exposé, de cette machine est le même que celui qui accompagne la machine pour trains rapides et lourds que nous avons indiquée précédemment; le type est d'ailleurs uniforme pour toutes les locomotives de la Compagnie.

Machine américaine de la Compagnie du « Philadelphia and Reading Railroad. » — Cette machine est portée à l'avant par un bogie facilitant le passage dans les courbes de petit rayon, et à l'arrière par trois essieux couplés dont le dernier se trouve sous le foyer, les roues accouplées ont $1^m,370$ de diamètre.

Les cylindres et les tiroirs sont extérieurs aux longerons; les excentriques et les coulisses de distribution sont au contraire intérieurs.

Par une disposition spéciale, la vapeur d'échappement peut être utilisée pour échauffer l'eau d'alimentation de la machine; cette alimen-

tation se fait au moyen d'une pompe aspirante et foulante actionnée par le dernier essieu ; il y a en outre un injecteur automatique du système Sellers.

Le combustible à brûler est l'anthracite, aussi a-t-on donné au foyer de grandes dimensions, il est très surbaissé ; la grille présente au point de vue de son mode de construction une particularité que nous indiquerons plus loin (Voir Grille).

Le chauffeur est placé de niveau avec le tender ; le mécanicien, au contraire, est dans une cabine fermée placée au-dessus du foyer.

Les accessoires ordinaires des machines américaines tels que chasse-bœufs, cloche, lanterne-signal spéciale, existent sur celle-ci.

B. Machine à 8 roues accouplées.

Nous comptons dans ce groupe, trois machines que nous allons décrire, savoir : Orléans, Lyon et Séville-Mérida (Espagne).

Machines des Compagnies d'Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée. — Ainsi que nous avons pu déjà le remarquer en étudiant les locomotives pour trains rapides et lourds, les Compagnies de Paris-Orléans et de Paris à Lyon et à la Méditerranée ont exposé des machines qui présentent les mêmes dispositions ; cette ressemblance se rencontre encore en ce qui touche celles pour trains de marchandises à 8 roues couplées que nous allons examiner.

La machine de la Compagnie de Paris-Orléans construite dans les ateliers Claparède est destinée au service des trains de marchandises, les roues ont un diamètre de $1^{m},260$.

Les cylindres et le mécanisme sont extérieurs, il en est de même de la distribution, qui est réglée par une coulisse de Gooch ; le châssis est intérieur.

Quant à la chaudière, elle présente des tubes de grande longueur, qui sont adoptés d'une manière absolue par cette Compagnie.

Le tender, non exposé, est à deux essieux avec roues de $1^{m},100$, et dont l'écartement est de $2^{m},600$.

Les caisses à eau ont une capacité de $7^{m3},000$ et l'espace réservé au combustible présente un volume de $4^{m3},956$.

Un frein à 4 sabots en fonte agit sur les 4 roues.

La machine de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée construite dans ses ateliers, appartient à une série destinée à faire le service des voyageurs et marchandises sur les lignes du réseau à fortes rampes et à courbes de faible rayon.

Les rampes de 25 à 30 millimètres ont nécessité la construction de ce type de machines dont les premières ont été construites en 1869 : les roues ont un diamètre de $1^{m},260$.

A cause de la grande longueur des tubes, $5^{m},36$, les essieux ont pu être placés sous le corps cylindrique de la chaudière, le foyer étant en porte à faux à l'arrière.

Les cylindres et le mécanisme sont extérieurs.

La distribution se fait au moyen de la coulisse renversée de Gooch.

La machine est munie d'un appareil de marche à contre-vapeur, par mélange d'eau et de vapeur, ainsi que de l'appareil respiratoire, système Galibert, pour le passage des souterrains.

Le tender, non exposé, est à deux essieux. Les roues ont $1^{m},200$ de diamètre, et leur écartement est seulement de $2^{m},500$.

Les approvisionnements sont considérables, et comportent :

$8^{m3}000$ d'eau
6000 kilogr. de combustible.

Machine de la Compagnie de Séville-Mérida. — Cette machine a été construite dans les ateliers de la Société John Cockerill à Seraing (Belgique) ; elle est destinée à circuler sur la voie espagnole de $1^{m},68$ de largeur.

Le châssis est intérieur, les cylindres et le mécanisme sont extérieurs.

Les roues d'avant et d'arrière ont un jeu latéral de 10 millimètres à droite et à gauche de leur position moyenne pour faciliter le passage en courbe, elles sont en fer forgé d'une seule pièce et ont un diamètre de $1^{m},300$. Les glissières sont simples, et par suite de la disposition de la crosse du piston, elles peuvent servir de guide aux tiges des tiroirs.

La distribution est du système Valschaert.

Les têtes de bielles sont fermées, et les bielles soit motrices, soit d'accouplement, sont de forme symétrique, de manière à pouvoir être placées indistinctement à droite ou à gauche.

L'attelage avec le tender est disposé de manière à permettre entre les deux véhicules des déplacements dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

Le tender à 4 roues de $1^{m},116$ de diamètre, présente les capacités suivantes pour les approvisionnements :

Eau.	$3^{m3},300.$
Combustible	$0^{m3},000.$

Il est bon de remarquer qu'en raison de la largeur plus grande de la voie, les dimensions sont plus considérables que pour les véhicules de même catégorie des autres chemins de fer.

La description que nous venons de faire des machines comprises dans les deux groupes A et B de notre classification, nous a fait connaître d'une manière sommaire leurs dispositions générales ; nous avons pour ainsi dire donné les diagrammes de ces locomotives, qu'il importe maintenant d'étudier plus à fond dans leurs diverses parties ; c'est le travail auquel nous allons nous livrer et dans lequel nous procéderons par comparaison toutes les fois qu'il sera possible ; les conclusions ressortiront ainsi d'elles-mêmes et sans qu'il soit nécessaire de les développer.

Nous avons adopté l'ordre même des tableaux, qui est le suivant :

Vaporisation. — Grille, foyer, tubes, surface de chauffe, corps cylindrique, etc.

Mécanisme. — Cylindres, distribution, châssis et roues, etc.

Puissance. — Charge, poids utile, etc.

I. — VAPORISATION

Grille. — Ainsi que nous l'avons vu dans les préliminaires de ce rapport, la tendance d'un grand nombre, pour ne pas dire de toutes les Compagnies, a été de chercher à faire usage, dans les meilleures conditions possibles, des combustibles de qualité ordinaire, quelquefois même des menus au lieu des combustibles de choix, qui pendant longtemps avaient été les seuls employés. Cette tendance est parfaitement motivée, et nous verrons que l'on peut réaliser de ce chef des économies considérables ; mais, pour satisfaire à cette exigence, les dimen-

sions de grille ont dû être augmentées dans des proportions considérables.

Si nous examinons les grilles des grosses machines, soit à voyageurs, soit à marchandises, nous constatons que les longueurs maxima et minima sont $2^m,739$ (État belge, dix roues) et $1^m,3405$ (Lyon, six roues, marchandises); les largeurs extrêmes sont les suivantes : maximum $2^m,35$ (Philadelphia à Reading); minimum $0^m,932$ (Ouest, huit roues, machine-tender).

On conçoit que dans de telles conditions les comparaisons soient très difficiles; ainsi si nous prenons les deux locomotives pour trains rapides et lourds des Compagnies de l'Est et du Midi, les dimensions respectives sont :

	Est.	Midi.
Longueur.	$2^m,350$	$1^m,702$
Largeur.	$1^m,015$	$1^m,006$
Surface.	$2^{m2},38$	$1^{m2},71$

Pour celles d'Orléans et de Lyon, dans la même catégorie, nous avons :

	Orléans.	Lyon.
Longueur.	$1^m,545$	$2^m,117$
Largeur.	$1^m,050$	$1^m,010$
Surface.	$1^{m2},62$	$2^{m2},14$

Pour les machines de l'Ouest (huit roues, machine-tender) et Grand-Central belge, du même type, les dimensions sont :

	Ouest.	G.-C.-B.
Longueur.	$1^m,470$	$2^m,026$
Largeur.	$0^m,932$	$1^m,040$
Surface.	$1^{m2},37$ [1]	$2^{m2},10$

De même pour les locomotives d'Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée (marchandises, huit roues accouplées), nous trouvons :

	Orléans.	P.-L.-M.
Longueur.	$1^m,700$	$1^m,5365$
Largeur.	$0^m,985$	$1^m,35$
Surface.	$1^{m2},67$	$2^{m2},08$

1. La situation spéciale du réseau de l'Ouest le conduit à employer des charbons d'excellente qualité, tandis que les autres machines, celles du Grand-Central belge notamment, sont destinées à brûler des menus, ou tout au moins du tout-venant, de qualité ordinaire.

Quant aux surfaces de grille, elles varient du simple au quintuple :

Minimum. . . . $1^{m2},34$ (Lyon, marchandises, six roues couplées).
Maximum. . . . $5^{m2},98$ (Philadelphia and Reading).

Les machines se répartissent comme suit par rapport à cet élément.

Surfaces de grille. — De $1^{m2},34$ à $1^{m2},50$, on compte quatre machines, dont deux pour trains de voyageurs ordinaires et deux pour trains de marchandises;

De $1^{m2},50$ à $2^{m2},00$, on compte dix machines, dont quatre pour trains rapides et lourds, quatre pour trains de voyageurs ordinaires et deux pour trains de marchandises;

De $2^{m2},00$ à $2^{m2},50$, on compte six machines, dont quatre pour trains rapides et lourds, une pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $3^{m2},00$, une machine pour trains de voyageurs ordinaires;

De $5^{m2},98$, une machine pour trains de marchandises.

Nous devons également remarquer que six locomotives seulement ont des grilles horizontales, ce sont celles de Sharp, du Midi, de Fairlie, de l'Ouest (six roues couplées), du Philadelphie à Reading et du Séville-Mérida. Toutes les autres présentent une inclinaison de l'avant à l'arrière, de manière à former devant la plaque tubulaire une sorte de chambre de combustion.

Il est encore une particularité qu'il importe de signaler, et qui est la suivante : La grille de la machine du Philadelphie à Reading est formée de barreaux ordinaires alternés avec des tubes communiquant avec la chaudière; cette disposition est une modification des grilles à eau très employées aux États-Unis. Le combustible à brûler est l'anthracite; aussi les dimensions de la grille sont-elles considérables ($2,60 \times 2,30$).

Les barreaux des grilles longues se font en deux parties. Une partie est mobile, généralement à l'avant, pour pouvoir jeter le feu.

Au sujet de l'emploi des combustibles menus sur les grilles des locomotives, nous citerons ce fait que sur les lignes de la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, on consommait :

En 1872, 22,240 tonnes de gros combustibles (charbon, coke, lignite);

En 1876, 71 tonnes seulement;

En 1877, ces derniers combustibles étaient supprimés et remplacés par des menus.

Nous trouvons de même que sur les lignes de la Compagnie du Nord français, en 1851, on ne consommait en tout-venant que 2 pour 100 de la consommation totale. Aujourd'hui on en brûle 84,66 pour 100, et l'économie réalisée de ce fait, pendant l'exercice 1877, peut s'évaluer au chiffre énorme de 1,625,000 francs.

Foyer. — Les différences très grandes que nous avons constatées dans les dimensions des grilles, nous ont fait prévoir celles que nous constaterions en nous occupant du foyer.

En général, les parois du foyer sont planes; la locomotive du Philadelphie fait seule exception en ce qui concerne le ciel du foyer, qui est très surbaissé et présente une courbure en forme de voûte à génératrices réglées s'appuyant à l'avant et à l'arrière sur deux courbes semi-elliptiques dont les plans sont perpendiculaires à l'axe; l'on trouve là une véritable chambre de combustion comprise entre un autel et la plaque tubulaire. La Compagnie de Paris-Orléans a également dans sa machine express un bouilleur transversal (disposition Ten-Brink). Enfin, dans la machine de Sharp Stewart le foyer est garni d'une arche en briques réfractaires et d'un écran intérieur au-dessus de la porte du foyer.

L'élévation du ciel du foyer au-dessus de la grille est très variable; citons les valeurs extrêmes que nous rencontrons :

Les valeurs maxima sont :

Avant. . . . 1^{m},68 (Lyon, huit roues, marchandises).
Arrière. . . 1^{m},58 (Séville-Mérida, huit roues, marchandises).

Les valeurs minima sont :

Avant. . . . 0^{m},80 (Philadelphia à Reading).
Arrière. . . 0^{m},56 (Philadelphia à Reading).

Si nous considérons les machines de même type ou similaires, ainsi que nous l'avons fait pour les grilles, nous trouvons les dimensions respectives suivantes :

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Avant.....	1m,352	1m,520	1m,570	1m,410	1m,150	1m,200	1m,650	1m,680
Arrière.....	0 ,760		1 ,070	0 ,880	1 ,000	0 ,920	1 ,085	1 ,400
Volume du foyer.	2m3,705	2m3,596	2m3,059	2m3,450	1m3,500	2m3,580	2m3,296	3m3,203

Quant au volume du foyer qui est dépendant à la fois et de la surface de grille et de la hauteur du ciel au-dessus de celle-ci :

Le minimum est de. $1^{m3},500$ (Ouest, huit roues, machine-tender), et le maximum de. . . $4^{m3},066$ (Philadelphie à Reading).

En considérant ce volume, les locomotives des classes A et B se groupent comme suit :

Volume du foyer. — De $1^{m3},500$ à $2^{m3},000$, cinq machines dont une pour trains rapides et lourds, trois pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $2^{m3},000$ à $2^{m3},500$, cinq machines dont trois pour trains rapides et lourds, et deux pour trains de marchandises;

De $2^{m3},500$ à $3^{m3},000$, huit machines dont quatre pour trains rapides et lourds, trois pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $3^{m3},000$ à $3^{m3},500$, trois machines dont deux pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $4^{m3},066$, une machine pour trains de marchandises.

Armatures du ciel du foyer. — Nous avons à indiquer une disposition spéciale de foyer imaginée par M. Ernest Polonceau et exposée par la Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État, c'est la suivante :

Le ciel du foyer se compose d'une série de pièces transversales en acier Martin, ayant la forme de fer en U, réunies et rapportées les unes contre les autres; les joints sont faits en intercalant une mince épaisseur de cuivre. On obtient ainsi un certain nombre de nervures transversales, également distantes l'une de l'autre, qui renforcent le ciel du foyer avec lequel elles font corps et évitent l'emploi des entretoises.

Cette construction présente, dit-on, les avantages suivants :

1° Conservation plus facile et, par conséquent, durée plus longue des foyers par suite de l'absence de tout rivet ou boulon dans le ciel même du foyer ;

2° Meilleure production de vapeur par suite de l'augmentation de la surface de chauffe ;

3° Facilité de maintenir le dessus du foyer libre de toute incrustation.

En dehors de ce modèle de foyer, les machines peuvent se grouper relativement aux armatures de la façon suivante :

Armatures ordinaires en long, dix locomotives ;
Entretoises du système Belpaire, douze locomotives.

Le cuivre rouge est presque universellement employé dans la construction de la boîte à feu intérieure.

Des essais ont été faits avec l'acier, mais ils ont été peu satisfaisants; Nous dirons toutefois que le foyer de la locomotive du Philadelphia à Reading est en tôle d'*acier* avec une épaisseur très faible, 6 *millimètres*, et que d'un autre côté l'*acier Martin très doux* est essayé sur certaines lignes autrichiennes. Quelques-unes d'entre elles ont employé les tôles ondulées dans la confection des foyers dans le but d'arriver à supprimer les armatures; mais cette disposition, qui était assez convenable pour les petits foyers, devenait insuffisante pour les grands dans lesquels les armatures sont toujours nécessaires.

L'enveloppe extérieure se fait en fer, car les écarts de température sont bien moins considérables. L'emploi de la tôle d'acier n'a point prévalu, et nous ne le rencontrons que dans la machine du Philadelphie à Reading, dans la chaudière exposée par la Société du Nord de l'Autriche et dans celle du Creuzot.

Les boîtes à feu intérieure et extérieure sont un peu évasées vers le haut pour faciliter le dégagement de la vapeur, elles s'assemblent à la partie inférieure sur un cadre en fer. Dans les autres parties, elles sont maintenues par des entretoises généralement en cuivre rouge; certaines Compagnies, notamment celle des chemins de fer du Sud de l'Autriche, ont employé des entretoises en fer et même en acier.

Les entretoises en cuivre rouge sont percées d'un bout à l'autre ; en ayant soin de les boucher extérieurement en faisant la tête, on est

toujours prévenu en cas de rupture, la vapeur ou l'eau s'échappe ainsi vers l'intérieur de la boîte à feu et signale le défaut.

Surface de chauffe. — La surface de chauffe des locomotives comprend la surface directe ou du foyer, la surface indirecte ou tubulaire, que nous devons successivement considérer. Si nous procédons à l'examen comparatif de la surface de chauffe, nous remarquerons tout d'abord qu'en raison même des dimensions très variables que nous avons constatées dans les grilles et foyers, les différences les plus grandes existeront quand il s'agira de la *surface de chauffe directe.*

Le minimum se rencontre dans la machine-tender de l'Ouest (huit roues), $6^{m2},00$; le maximum est de $11^{m2},52$ dans la machine à marchandises de l'Orléans. Il est juste de faire observer que le combustible employé sur l'Ouest est d'une qualité supérieure.

Indiquons également les différences qui existent entre les machines similaires.

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Surface de chauffe directe.....	$8^{m2},50$	$9^{m2},12$	$10^{m2},60$	$9^{m2},00$	$6^{m2},00$	$7^{m2},79$	$11^{m2},52$	$9^{m2},71$

La classification pour la surface de chauffe directe est la suivante :

Surface de chauffe directe. — De $6^{m2},00$ à $6^{m2},50$ inclusivement, deux machines pour trains de voyageurs ordinaires;

De $6^{m2},50$ à $7^{m2},00$ inclusivement, une machine pour trains de voyageurs ordinaires;

De $7^{m2},00$ à $7^{m2},50$ inclusivement, trois machines dont une pour trains rapides et lourds, une pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $7^{m2},50$ à $8^{m2},00$ inclusivement, une machine pour trains de voyageurs ordinaires;

De $8^{m2},00$ à $8^{m2},50$ inclusivement, deux machines dont une pour trains rapides et lourds et une pour trains de marchandises;

De $8^{m2},50$ à $9^{m2},00$ inclusivement, trois machines dont une pour

trains rapides et lourds et deux pour trains de voyageurs ordinaires;

De $9^{m2},00$ à $9^{m2},50$ inclusivement, trois machines pour trains rapides et lourds;

De $9^{m2},50$ à $10^{m2},00$ inclusivement, deux machines dont une pour trains rapides et lourds et une pour trains de marchandises;

De $10^{m2},50$ à $11^{m2},00$ inclusivement, deux machines dont une pour trains rapides et lourds et une pour trains de voyageurs ordinaires;

Au-dessus de $11^{m2},00$ inclusivement, deux machines pour trains de marchandises.

La surface de *chauffe indirecte ou tubulaire* présente également des différences provenant à la fois de la longueur des tubes, de leur nombre et de leur diamètre; nous devons donc procéder à un examen à ce triple point de vue.

1° *Longueur des tubes.* — Les dimensions, au point de vue de la longueur, se groupent d'une manière beaucoup plus compacte que pour les autres parties que nous avons examinées jusqu'à présent. Deux écoles sont en présence, l'une n'admettant que les tubes relativement courts, atteignant au maximum, $3^m,50$; la partie qui se trouve au delà ne produisant plus, au dire des partisans des tubes courts, qu'une quantité de vapeur insignifiante. D'autres, au contraire, prétendent que les tubes peuvent être *utilement* beaucoup plus longs, atteindre et même dépasser 5 mètres.

Le classement, d'après ce qui précède, sera le suivant :

Longueur des tubes. — De 3 mètres à $3^m,50$ inclusivement, douze machines dont cinq pour trains rapides et lourds, six pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De $3^m,50$ à 4 mètres inclusivement, deux machines dont une pour trains rapides et lourds et une pour trains de voyageurs ordinaires;

De 4 mètres à $4^m,50$ inclusivement, trois machines dont une pour trains de voyageurs ordinaires et deux pour trains de marchandises;

De $4^m,50$ à 5 mètres inclusivement, deux machines pour trains rapides et lourds;

De 5 mètres à $5^m,50$ inclusivement, trois machines pour trains de marchandises.

La longueur minima est de $3^m,12$ dans la machine du Philadelphia

and Reading, la longueur maxima est de $5^m,36$ dans la machine Paris-Lyon-Méditerranée (marchandises, huit roues).

Pour les machines de même type, les dimensions sont les suivantes :

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Longueur de tubes.	$3^m,500$	$3^m,500$	$5^m,00$	$4^m,93$	$4^m,00$	$3^m,500$	$5^m,16$	$5^m,36$

Nous voyons donc qu'à ce point de vue la similitude est des plus grandes, et que les machines à tubes courts sont de beaucoup les plus nombreuses.

2° *Nombre des tubes.* — Le nombre des tubes varie dans des limites assez étendues et sans qu'il y ait lieu de tenir grand compte, à l'exception des machines à marchandises à huit roues couplées, du diamètre du corps cylindrique, qui reste compris dans des limites assez étroites, nous ne nous préoccuperons pas non plus, à ce point de vue, de leur diamètre qui varie très peu.

Le groupement se fait comme suit :

Nombre de tubes. — Au-dessous de 150 tubes, une machine pour trains de voyageurs ordinaires;

De 150 à 175 tubes inclusivement, cinq machines dont deux pour trains rapides et lourds, deux pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 175 à 200 tubes, neuf machines dont trois pour trains rapides et lourds, quatre pour trains de voyageurs ordinaires et deux pour trains de marchandises;

De 200 à 225 tubes, trois machines pour trains rapides et lourds;

De 225 à 250 tubes, quatre machines dont une pour trains de voyageurs ordinaires et trois pour trains de marchandises.

Pour les types semblables, nous avons :

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Nombre de tubes..	206	180	177	164	149 (minima).	188	242	245

Il est bon de remarquer que les machines à marchandises à huit roues couplées ont à peu près le même nombre de tubes; les trois spécimens exposés en ont, en effet, respectivement 242, 245, 248 (maximum).

3° *Diamètre des tubes.* — Le diamètre intérieur des tubes de toutes les grosses machines est compris entre 41 et 46 millimètres; leur épaisseur est presque uniforme, 2 millim.,5. Elle descend cependant dans une ou deux machines à 2 millimètres, et monte à 3 millimètres dans un petit nombre d'autres.

Nous avons vu précédemment que la concordance que nous rencontrons dans le diamètre des tubes n'existait pas pour leur longueur, et nous pensons qu'il y a là une certaine anomalie sur laquelle il est bon d'appeler l'attention; n'est-il pas, en effet, logique de proportionner la longueur et le diamètre d'un tube dans lequel doivent circuler des gaz chauds, et des expériences à ce sujet auraient une utilité incontestable.

D'après ce qui précède, on peut prévoir que la surface de chauffe tubulaire varie dans des limites très étendues; voici ce qu'on observe à ce sujet :

Surface de chauffe tubulaire. — De 75 à 85 mètres carrés inclusivement, cinq machines dont une pour trains rapides et lourds, trois pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 85 à 95 mètres carrés inclusivement, cinq machines dont trois pour trains rapides et lourds, et deux pour trains de voyageurs ordinaires;

De 95 à 105 mètres carrés inclusivement, trois machines dont une pour trains rapides et lourds, et deux pour trains de voyageurs ordinaires;

De 103 à 113 mètres carrés inclusivement, deux machines dont une pour trains rapides et lourds, et une pour trains de marchandises;

De 113 à 123 mètres carrés inclusivement, trois machines dont deux pour trains rapides et lourds, et une pour trains de marchandises;

De 123 à 130 mètres carrés inclusivement, une machine pour trains de voyageurs ordinaires;

De 174 à 200 mètres carrés inclusivement, trois machines pour trains de marchandises.

On voit donc qu'à part les machines à marchandises à huit roues couplées qui ont une surface de chauffe tubulaire dépassant 174 mètres carrés, toutes les autres ont la leur comprise entre 75 mètres carrés et 130 mètres carrés; pour le plus grand nombre, cette surface ne dépasse pas 105 mètres carrés.

Pour les machines similaires on a :

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Surface de chauffe tubulaire.....	m² 99.66	m² 91.04	m² 118.16	m² 116.84	m² 84.25	m² 97.76	m² 174.58	m² 185.65
Surface de chauffe totale.....	108.16	100.16	128.76	125.84	90.25	105.55	186.10	195.36

Nous ajouterons que la locomotive à marchandises du Séville-Mérida a une surface de chauffe tubulaire de $198^{m2},60$, la surface totale est de $209^{m2},87$; ce sont les chiffres maxima. Cette différence tient à ce que, la voie espagnole étant plus large que la nôtre, certaines parties de la machine ont pu être augmentées dans de notables proportions.

En ce qui concerne la surface totale de vaporisation, nous avons indiqué ci-dessus pour les machines semblables les renseignements y relatifs; il ne nous reste plus qu'à opérer le groupement que nous avons suivi jusqu'à présent et qui nous semble de nature à indiquer immédiatement les différences qui existent ainsi que les conditions dans lesquelles on est généralement placé.

Surface de chauffe totale. — De 80 à 100 mètres carrés, huit machines dont trois pour trains rapides et lourds, quatre pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 100 à 120 mètres carrés, sept machines dont trois pour trains rapides et lourds, trois pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 120 à 140 mètres carrés, quatre machines dont deux pour trains rapides et lourds, une pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 180 à 210 mètres carrés, trois machines pour trains de marchandises.

Un rapport intéressant à connaître au point de vue de la puissance de vaporisation est celui qui existe entre la surface de chauffe totale et la surface directe; ce rapport varie dans des limites très étendues de 8,09, valeur minima (machine du Philadelphie à Reading), à 20.1 maxima (machines à marchandises à huit roues couplées du Paris-Lyon-Méditerranée).

Pour les locomotives que nous avons regardées comme semblables, les valeurs de ce rapport sont :

Rapport entre la surface de chauffe totale et celle directe.

Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
12.7	11	12.1	14	15	13.5	16.1	20.1

Quant au groupement des machines, en considérant ce nouvel élément, nous avons :

De 8 à 10 inclusivement, deux machines dont une pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises.

De 10 à 12 inclusivement, six machines dont quatre pour trains rapides et lourds, et deux pour trains de voyageurs;

De 12 à 14 inclusivement, six machines dont quatre pour trains rapides et lourds, et deux pour trains de voyageurs ordinaires;

De 14 à 16 inclusivement, quatre machines dont trois pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises;

De 16 à 18 inclusivement, deux machines pour trains de marchandises;

De 18 à 20 inclusivement, deux machines pour trains de marchandises.

Nous venons d'examiner en détail tous les éléments qui entrent dans la détermination de la puissance de vaporisation et il en résulte que, malgré les différences très grandes qui existent entre les valeurs de chacun d'eux, on reste en général dans une moyenne de 10 à 15 pour le rapport entre la surface totale de chauffe et la surface directe du foyer.

Les tubes de locomotive sont en laiton ou en fer laminé; la première matière est de beaucoup la plus employée; elle résiste en effet assez bien aux dégradations produites par le passage des escarbilles, et le nettoyage se fait dans de bonnes conditions. Nous ajouterons que dans ces dernières années on a même essayé des tubes en acier, mais on n'en est encore qu'aux essais et nous ne pouvons indiquer les résultats obtenus.

On a également garni les extrémités des tubes soit en fer, soit en laiton d'un bout de cuivre rouge, brasé de manière à supprimer les viroles.

En France les tubes sont fixés à la plaque tubulaire du foyer au moyen de viroles en acier, du côté de la boîte à fumée on se contente de faire un bourrelet. D'ailleurs aujourd'hui on tend à supprimer absolument les viroles et à ne faire usage que du bourrelet lequel se fait au moyen de machines spéciales.

Corps cylindrique. — Si nous étudions tout d'abord *le corps cylindrique*, nous remarquerons que le diamètre minimum est de $1^{m},080$ (machine-tender Ouest, huit roues), le maximum est de $1^{m},50$ dans les machines à marchandises à huit roues couplées; la classification est la suivante :

De $1^{m},08$ à $1^{m},20$ inclusivement, quatre machines, dont une pour trains rapides et lourds; deux pour trains de voyageurs ordinaires; une pour trains de marchandises.

De 1m,20 à 1m,30 inclusivement, douze machines, dont sept pour trains rapides et lourds ; quatre pour trains de voyageurs ordinaires ; une pour trains de marchandises.

De 1m,30 à 1m,40, trois machines, dont deux pour trains de voyageurs ordinaires ; une pour trains de marchandises.

De 1m,500, trois machines pour trains de marchandises.

Ce diamètre dans les machines semblables est de :

Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
1m.268	1.280	1.250	1.238	1.08 (minima).	1.276	1.500	1.500

On peut dire d'après ce qui précède, que le diamètre varie le plus ordinairement entre 1m,20 et 1m30, et qu'il n'atteint des dimensions beaucoup plus fortes que dans les machines à marchandises à huit roues couplées, dont toutes les parties, du reste, ont des proportions plus considérables.

Hauteur de l'axe du corps cylindrique au-dessus du rail. — Dans les machines pour trains rapides et lourds, cette hauteur varie de 1m,94 (Lyon), à 2m,18 (Sharp-Stewart et Cie) ; pour cinq d'entre elles l'axe est placé à plus de 2 mètres au-dessus du rail.

Dans les machines pour trains de voyageurs ordinaires, cette dimension a son minimum dans la machine de l'Ouest, 1m,795, et son maximum dans celle du Grand Central belge, 2m,250; pour trois d'entre elles la hauteur est supérieure à 2m,00 ; pour les cinq autres elle est inférieure à cette cote.

Enfin, dans les machines à marchandises, la cote varie de 1m,830 (Lyon, six roues), à 2m,080 (Philadelphie à Reading) ; cette dernière dimension est presque exceptionnelle dans ce groupe, car trois locomotives sur six ont leur axe du corps cylindrique placé à 2 mètres au-dessus du rail et, dans une, il est à 1m,990 (Lyon, huit roues accouplées).

Timbre. — Examinons maintenant dans quelles limites varie le timbre de la chaudière ; cet élément connu ainsi que le diamètre, nous

aurons tout ce qui est nécessaire pour nous rendre compte des épaisseurs de tôles qui ont été adoptées.

La pression de la vapeur dans la chaudière a toujours été en augmentant depuis l'origine des chemins de fer; en France on dépasse rarement 9 kilog. par centimètre carré; dans certaines locomotives suisses, cette valeur a de beaucoup été dépassée et a atteint 12 et même 15 kilog.

Pour les machines exposées, la pression effective varie de 8 kilog. (Orléans, marchandises, à huit roues), à 10k330 (Sud de l'Autriche), et on en compte sur vingt-deux, douze dont la pression est précisément de 9 kilog., cinq dans lesquelles elle est inférieure à 9 kilog., et cinq dans lesquelles elle est supérieure à ce chiffre.

Épaisseur des tôles. — La limite que nous avons pu constater dans la valeur du timbre de la chaudière, tient précisément à ce que l'on ne dépasse guère 15 millimètres d'épaisseur de tôle, certains ingénieurs s'arrêtent même à 14; mais, d'un autre côté, cette limite a été parfois dépassée et, en Autriche, on rencontre des chaudières qui ont 16 et 17 millimètres d'épaisseur.

Pour les machines que nous avons à examiner, cette dimension varie de 11 millimètres (État belge) à 15 millimètres (Lyon), et pour la plupart d'entre elles, elle est comprise entre 13 et 15 millimètres.

Nous remarquerons toutefois, que la tôle de locomotive du Philadelphie à Reading a seulement 9 millimètres, ce qui tient au diamètre très réduit du corps cylindrique.

Dans le tableau ci-dessous nous donnons les hauteurs d'axe, timbres et épaisseurs de tôle respectives des chaudières des machines que nous avons prises comme étant du même type.

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	C.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
Hauteur de l'axe de la chaudière.....	2m.100	2.000	1.957	1.940	1.795	2.250	2.000	1.990
Timbre.....	9k	9	9	9	8.5	8.264	8	9
Épaisseur des tôles.	0m.0135	0.014	0.0135	0.0145	0.012	0.012	0.015	0.0155
Diamètre du corps cylindrique.....	1m.268	1.280	1.250	1.238	1.08	1.276	1.50	1.50

Le corps cylindrique des machines exposées est en tôle de fer, et il y a là une remarque assez intéressante à faire sur ce point, attendu qu'en 1867 l'emploi de l'acier se dessinait d'une manière assez accentuée, et semblait devoir prendre une assez rapide extension en raison même des perfectionnements apportés aux méthodes employées pour obtenir ce métal. Par suite de la plus grande résistance de ce métal, on pensait pouvoir augmenter la pression sans arriver à des épaisseurs de tôle trop considérables.

Aujourd'hui, le fer est presque seul employé, nous citerons comme exception la chaudière exposée par la Cie du Nord de l'Autriche, qui est entièrement en acier, métal dont cette Compagnie fait usage exclusivement depuis longues années.

On espère néanmoins arriver à un résultat satisfaisant, grâce au procédé Martin, qui donne des aciers excessivement doux; plusieurs compagnies autrichiennes font des essais qui, nous n'en doutons pas, seront couronnés de succès dans une période plus ou moins éloignée.

Nous devons faire également mention d'une particularité que la Société autrichienne I.-R.-P. des chemins de fer de l'État indique dans les documents qui nous ont été donnés, et qui consiste à plomber la partie inférieure des chaudières à l'intérieur (Brevet Œhme), dans le but d'éviter les corrosions ou tout au moins de les diminuer dans de notables proportions.

Alimentation des locomotives. — L'alimentation se fait presque partout au moyen d'injecteurs. Dans la plupart des machines étrangères ils sont mis en prolongement des rotules, de manière à être toujours en charge, étant au-dessous du niveau de l'eau du tender. On a pu éviter de la sorte le mouvement de réglage de la prise d'eau.

Les machines de la Cie d'Orléans portent un injecteur, et une pompe à deux excentriques et à double corps; cette disposition a pour but de permettre l'alimentation à l'eau chaude.

Pompe injecteur, système Chiazzari. — La pompe injecteur du système Chiazzari est formée d'un cylindre dans lequel se meut un piston à tige de fort diamètre, tel que le volume engendré du côté de la tige soit la moitié, par exemple, du volume engendré de l'autre côté. L'eau froide est aspirée du côté de la tige, et refoulée ensuite du côté opposé, où elle arrive en passant, au préalable, par un tamiseur qui

la divise en fines gouttelettes. En même temps, cette eau divisée rencontre la vapeur d'échappement, conduite en partie à la pompe par un branchement prélevé sur la conduite générale d'échappement de la machine, condense cette vapeur en s'échauffant à son contact et entre avec une certaine vitesse derrière le piston de la pompe, tant à cause de l'aspiration produite par ce piston, que sous l'action du vide relatif déterminé par la condensation de la vapeur.

Au retour en arrière du piston, le mélange d'eau chaude et de vapeur introduit dans la pompe est refoulé à la chaudière.

Cette pompe a été appliquée sur la machine pour trains rapides et lourds de la Haute-Italie, et on prétend qu'il en résulte une diminution très notable dans la dépense de combustible et d'eau ; l'alimentation est de plus continue et l'eau est à une température plus élevée qu'avec des injecteurs.

Nous ajouterons que des essais de cet appareil se font en ce moment sur des machines de la Compagnie du Nord.

Alimentateur, système Mazza. — La locomotive et le tender exposés par la Haute-Italie étaient aussi munis d'un appareil réchauffeur de l'eau d'alimentation, dans le système Kirchweger, perfectionné par M. Mazza.

Le tender porte, sous son plancher, un réservoir cylindrique qui se remplit d'eau par sa mise en communication avec les caisses du tender, et dans lequel on peut établir une pression de deux atmosphères environ au moyen de la vapeur de la chaudière. C'est dans ce réservoir que puise un injecteur Friedmann, dont la pression qui existe dans dans le récipient favorise le jeu. L'eau du tender est réchauffée par l'envoi dans les caisses d'une partie de la vapeur d'échappement.

II. — MÉCANISME.

Nous devons, maintenant que nous avons étudié l'appareil de vaporisation des locomotives, examiner leur mécanisme et nous commencerons par nous occuper tout d'abord de leur stabilité, laquelle est intimement liée avec les dispositions adoptées pour les organes moteurs.

L'empattement de la machine joue également un rôle au point de

vue de la stabilité, et nous indiquerons plus loin dans quelle limite cet empattement varie pour les différents types.

Enfin, l'examen qui est le plus particulièrement intéressant, est celui de la position des cylindres et du mécanisme proprement dit, par rapport au châssis et aux roues; nous nous étendrons donc sur cette partie principale, l'indication des autres nous paraissant suffisante.

Disposition des cylindres. — Bien que les machines à cylindres intérieurs présentent de sérieux et réels avantages au point de vue de la stabilité de la machine, les locomotives de ce genre sont peu nombreuses à l'Exposition de 1878; nous avons à peine besoin de rappeler que dans ce système les points d'attache du mécanisme sont plus faciles à trouver; que les tuyaux de vapeur sont plus courts et se refroidissent moins; mais on leur a reproché, surtout en France, de nécessiter des essieux coudés, et de n'être pas toujours aussi commodément accessibles dans toutes leurs parties, ce qui fait que ce type est chez nous l'exception.

Dans les locomotives pour trains rapides et lourds, nous trouvons néanmoins une machine, celle de Sharp-Stewart, qui se rapproche du desideratum cherché; le principe anglais «que la machine doit cacher autant que possible son mécanisme,» a été appliqué dans toute sa rigueur; les cylindres et la distribution sont intérieurs, mais l'accès des différentes parties n'en est pas moins assez facile.

Dans la même classe les machines de l'Ouest et du Nord ont comme la précédente les cylindres intérieurs.

Les cinq autres locomotives de ce groupe ont des cylindres extérieurs.

Dans le groupe des machines pour trains de voyageurs ordinaires, deux seulement sur onze ont des cylindres intérieurs, ce sont celles de la Compagnie de l'Ouest (8 roues) et des chemins de fer de l'État belge (10 roues).

Signalons incidemment, avant de passer aux locomotives à cylindres extérieurs, qu'un certain nombre de ces dernières ont le mécanisme de distribution intérieur, la disposition inverse se rencontre quelquefois pour les machines à cylindres intérieurs; nous examinerons plus spécialement cette partie en nous occupant des tiroirs, et de la place qu'ils occupent.

Toutes les locomotives, autres que celles indiquées précédemment,

soit 17 sur 22, ont leurs cylindres extérieurs, et l'on en rencontre 5 sur 8 destinées au service des trains rapides et lourds.

Entr'axe des cylindres. — Puisque nous examinons la position dans laquelle sont placés les cylindres, indiquons les valeurs de l'entr'axe de ces organes.

Lorsqu'ils sont intérieurs, cet entr'axe varie de $0^m,500$ (État belge, 10 roues) à $0^m,980$ (Ouest, 6 roues).

Lorsqu'ils sont placés extérieurement, cette dimension varie de $1^m,900$ (machines Lyon et Orléans) à $2^m,10$ (machine de l'Est), dans les locomotives pour trains rapides et lourds; de $1^m,86$ (Dombes et Sud-Est) à $2^m,07$ (Theiss-Bahn), dans celles pour trains de voyageurs ordinaires; enfin, de $2^m,04$ (Ouest et Philadelphie à Reading) à $2^m,143$ (Orléans, 8 roues accouplées), pour les machines à marchandises; nous devons mettre à part la cote relative à la machine du Séville-Mérida ($2^m,28$), parce qu'elle se trouve influencée par l'écartement plus considérable de la voie ($1^m,68$).

Dimensions des cylindres. — Les cylindres ont des dimensions généralement beaucoup plus grandes que celles qui étaient admises d'une manière presque constante jusqu'à ce jour.

Pour les machines destinées au service des trains lourds et rapides, le diamètre varie de $0^m,420$ (Ouest) à $0^m,500$ (Lyon); et la course du piston, de $0^m,560$ (Haute-Italie) à $0^m,650$ (Orléans et Lyon); nous avons déjà fait remarquer que dans la locomotive du P.-L.-M., les dimensions (0^m500 de diamètre et $0^m,650$ de course) sont les plus considérables qui aient jamais été adoptées pour des cylindres de machines à voyageurs.

Dans les machines du second groupe, pour trains de voyageurs ordinaires, le diamètre varie de $0^m,394$ (État suédois) à $0^m,480$ (Sud-Bahn); la course du piston, de $0^m,556$ (Fairlie) à $0^m,630$ (Theiss-Bahn); pour cette dernière la course a été augmentée en raison du système particulier de tiroir qui a été adopté et que nous indiquerons en nous occupant de cet organe.

Enfin, pour les machines des trains de marchandises :

Le diamètre varie de $0^m,450$ (Lyon, 6 roues) à $0^m,540$ (Lyon, 8 roues); la course du piston, de $0^m,610$ (Philadelphie à Reading) à $0^m,660$ (Lyon, 8 roues).

Quant au rapport entre la course et le diamètre, nous avons à peine besoin de dire, que les dimensions les plus convenables pour rendre le refroidissement minimum (course égale au diamètre), ne sont pas employées, et que l'on est resté dans la moyenne $l = 1, 2$ à $1, 3$ *d.*, pour quelques-unes ce rapport a même été dépassé et atteint 1, 4.

Les cylindres sont en fonte très dure et susceptible d'un beau poli, la glace du tiroir est souvent fondue en coquille. Les cylindres extérieurs sont protégés comme le corps cylindrique; mais on ne trouve nulle part *d'enveloppe de vapeur.*

Distribution de vapeur. — *Tiroir.* — La distribution au moyen du tiroir ordinaire en coquille est employée dans presque toutes les locomotives. Nous citerons comme unique exception la locomotive hongroise des chemins de fer de la Theiss, qui a des tiroirs équilibres formés de deux pistons circulaires montés sur la même tige.

Dans les locomotives exposées :

Huit ont leur distribution commandée par la coulisse de Stéphenson: une pour trains rapides et lourds, cinq pour trains de voyageurs ordinaires et deux pour trains de marchandises;

Sept ont la coulisse de Gooch : quatre pour trains rapides et lourds, et trois pour trains de marchandises;

Trois ont la coulisse Allan : deux pour trains rapides et lourds, et une pour trains de voyageurs ordinaires;

Trois ont le système Walschaert : deux pour trains de voyageurs ordinaires et une pour trains de marchandises.

Châssis. — Le châssis sert d'intermédiaire entre la chaudière et les roues; il doit résister à la fois à des efforts verticaux pour la répartition du poids sur les essieux et à des efforts horizontaux pour la transmission du travail exercé sur les pistons.

En général, les Américains trouvent que la chaudière est assez résistante pour fournir les points d'appui nécessaires, aussi n'y a-t-il dans leurs machines presque pas de châssis; la machine du Philadelphie à Reading nous montre, du reste, l'application de ce principe.

En Europe on tient, au contraire et essentiellement, à conserver une grande importance au châssis; il peut être à l'intérieur ou à l'extérieur des roues.

Le châssis intérieur est plus facile à établir que le châssis extérieur; mais, dans le cas de rupture d'essieu, ce dernier peut éviter un accident, car il empêche la roue de sortir du rail, mais c'est là une considération à laquelle il ne faut pas attacher une trop grande importance. Disons, pour terminer, que certaines machines présentent des châssis doubles qui sont les plus satisfaisants, au point de vue de la solidité, et de la variété.

Dans les machines pour trains rapides et lourds, nous en comptons deux avec châssis intérieurs, trois avec des châssis extérieurs, enfin trois autres ont des châssis doubles. Dans celles pour trains de voyageurs ordinaires: sept ont des châssis intérieurs, une seule (État belge) a le châssis extérieur; enfin toutes les locomotives à marchandises ont des châssis intérieurs.

Les châssis sont le plus souvent faits avec une feuille de métal très épaisse, dans laquelle on fait par découpages les évidements nécessaires, on a ainsi plus d'homogénéité. Des entretoises en tôle et cornières relient les deux longerons entre eux; le plus généralement les assemblages sont rectangulaires.

Glissières et supports. — Dans les machines à mécanisme extérieur, il y a une grande difficulté de construction pour supporter les glissières en porte à faux; car il faut permettre le passage des bielles motrices et de celles d'accouplement.

Ces supports sont généralement en fer, et l'acier est aujourd'hui également employé; nous citerons comme exception la Compagnie du Midi, qui a un support de glissière en *bronze*, simplement pour la facilité de fabrication.

Dans la plupart des types exposés les glissières sont doubles, elles sont en fer généralement cémenté, on fait aussi usage d'acier.

Comme particularité, nous indiquerons une machine n'ayant qu'une seule glissière, c'est celle de Séville-Mérida, la tête de piston embrasse la glissière comme dans certaines machines américaines.

Roues. — 1° *Roues motrices.* — On peut dire que pour une locomotive le diamètre des roues, à puissance et nombre de tours égaux, sera en raison inverse de l'effort de traction à développer.

Si nous considérons les types exposés, nous remarquons que dans les machines pour trains rapides et lourds le diamètre est compris

entre 1m,82 et 2m,10 pour sept machines, et l'on n'en rencontre qu'une seule, celle de l'Est, dont les roues atteignent le diamètre de 2m,30.

Pour les locomotives de trains de voyageurs ordinaires le diamètre est compris, pour sept machines, entre 1m,56 et 1m,70. Pour la machine du Sud de l'Autriche, destinée à des lignes à profil très accidenté (rampes de 0m,025 en majeure partie), ce diamètre n'est que de 1m,265, et nous devons faire remarquer que cette dimension est une des plus faibles que nous rencontrions, même en considérant les machines à marchandises.

Pour ces dernières, au nombre de six, le diamètre est compris entre 1m,26 et 1m,42; nous voyons ainsi qu'à part une ou deux exceptions le groupement par catégorie, suivant le service auquel les locomotives sont destinées, se fait dans des limites assez rapprochées pour chacune des trois grandes divisions de notre classification.

2° *Roues porteuses.* — Pour les roues porteuses, le diamètre n'a qu'une importance secondaire, néanmoins on constate également une tendance à son augmentation, surtout pour les machines devant remorquer des trains rapides et lourds.

Dans cette première classe le diamètre, pour six machines, varie entre 1m,22 et 1m,40; deux autres, munies de bogie, ont des roues de 0m,96 et 1m,01 seulement de diamètre.

Dans les locomotives pour trains de voyageurs ordinaires, ce diamètre varie de 1m,06 à 1m,22 pour six d'entre elles; les autres sont à toutes roues couplées, et nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Nous donnons d'ailleurs, pour faciliter la comparaison, les dimensions des roues tant motrices que porteuses des machines similaires :

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-S.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Roues motrices.....	2.300	2.090	2.000	2.100	1.650	1.700	1.260	1.260
Roues porteuses....	1.350	1.400	1.260	1.300	1.120	1.140	»	»

Charge des essieux. — Quant à la charge que les essieux peu-

vent supporter, elle est variable selon la position qu'ils occupent et suivant qu'ils sont simplement porteurs ou moteurs.

Pendant de longues années, on a pensé qu'il ne convenait pas de dépasser ni même d'atteindre la charge de 12,000 kilogrammes par paire de roues; charge qui répondait, disait-on, au degré de résistance de la voie. Aujourd'hui que l'emploi des rails d'acier s'est généralisé et que la voie est devenue plus résistante, il est reconnu que cette limite peut être dépassée sans inconvénient, et les charges de 13 et 14 tonnes par essieu se rencontrent dans certaines des locomotives exposées.

Nous avons déjà remarqué, en commençant, que l'on ne trouvait pas de machine à roue libre exposée; toutes les machines à voyageurs ont deux et même trois essieux couplés; les machines à marchandises en ont trois et même quatre.

La plupart des locomotives à voyageurs exposées n'ont que trois essieux; celles de cette catégorie, qui n'ont que quatre roues accouplées, ont leur essieu porteur toujours placé à l'avant, et cet essieu est fortement chargé de manière à attaquer le rail dans de bonnes conditions en évitant, autant que possible, les chances de déraillement amenées par les perturbations qui se produisent dans le mouvement.

Dans cette catégorie de machines, la charge sur les roues porteuses varie de 9,800 kilogrammes à 12,300 kilogrammes par paire de roues, en mettant à part les machines à bogie (Nord et Haute-Italie), dont les charges sur chaque essieu porteur sont seulement de 7,200 et 7,500 kilogrammes.

Quant aux essieux moteurs, la charge varie pour chacun d'eux de 12,000 à 13,500 kilogrammes.

C'est en partant de ce type de machine à trois essieux que l'on est arrivé au type à quatre essieux, dont deux couplés au milieu, adopté par les Compagnies d'Orléans et de Paris-Lyon-Méditerranée. Là encore, la charge des essieux porteurs d'avant est considérable, 11,400 et 11,180 kilogrammes; ceux d'arrière, au contraire, ne supportent respectivement que 5,450 et 8,440 kilogrammes.

Quant aux essieux couplés, celui qui reçoit l'effort moteur est souvent un peu plus chargé que l'autre. Dans la machine de Lyon et de la Compagnie d'Orléans, les deux essieux accouplés ont une suspension commune établie au moyen de balanciers.

Pour les machines à toutes roues couplées, tant à voyageurs qu'à

marchandises, on cherche à obtenir une charge à peu près uniforme sur chaque essieu, en satisfaisant aux conditions d'équilibre.

Toutes les roues de locomotives se font aujourd'hui en fer forgé, les bandages sont en acier. En Amérique, les roues se font souvent en fonte. Nous indiquerons que sur certaines lignes autrichiennes, pour atténuer l'usure rapide des roues d'avant des locomotives destinées au service de montagne (courbes nombreuses de petit rayon), on a imaginé de tremper légèrement le boudin de ces roues. Ce procédé a donné de bons résultats ; il a doublé la durée des bandages.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les charges des essieux pour les machines de même type qui se trouvaient exposées :

Poids sur chaque essieu.

DÉSIGNATION.	Est.	Midi.	Orléans.	Lyon.	Ouest.	G.-C.-B.	Orléans.	Lyon.
	VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
1er essieu. Avant...	13.488	11.500	11.400	11.180	9.800	11.800	11.950	12.150
2e — — ...	13.500	11.000	12.900	12.890	12.300	12.900	12.450	12.150
3e — — ...	13.500	13.000	12.050	12.330	12.300	12.900	13.025	13.700
4e — — ...	»	»	5.450	8.440	10.000	11.700	11.425	13.700

Toutes roues en fer forgé.

Empattement. — Nous avons indiqué précédemment le rôle que jouait l'empattement de la machine, nous n'avons donc qu'à donner ci-dessous les limites dans lesquelles il varie, selon le service auquel sont destinées les machines exposées.

I. — *Machines pour trains rapides et lourds.*

a. — Avec huit roues (bogie), 6m,320 (Nord) ;

b. — Huit roues sans bogie, 5m,900 (Lyon) ;

c. — Six roues, sans bogie, 4m,400 (Ouest) à 5m,400 (Midi).

II. — *Machines pour trains de voyageurs ordinaires.*

a. — Avec dix roues, 8m,400 (État belge);
b. — Huit roues, 4m,800 (Grand-Central belge) à 6m,700 (Fairlie);
c. — Six roues, 3m,210 (Sud-Bahn) à 3m,900 (État suédois).

III. — *Machines pour trains de marchandises.*

a. — Avec dix roues (bogie), 6m,200 (Philadelphie à Reading);
b. — Huit roues couplées, 4m,05 (Lyon) à 4m,14 (Séville-Mérida);
c. — Six roues couplées, 3m,37 (Lyon) à 3m,70 (Ouest).

Passage des courbes. — Cette question est des plus importantes, étant données les dimensions qu'atteignent les locomotives et les tracés de plus en plus sinueux qui sont adoptés pour les lignes.

On arrive très simplement à ce résultat en permettant le déplacement des essieux dans une certaine règle; ce jeu, qui ne s'applique pas à la paire de roues motrices, est quelquefois règle par des plans inclinés qui font que l'essieu ne reste pas indifférent et a une tendance à revenir dans la position normale. Nous trouvons les plans inclinés dans les machines de Sharp, Orléans, Lyon, Est, etc.

Dans le même but, nous avons le type du bogie américain, consistant en un châssis porté par deux essieux plus ou moins écartés et qui constitue à l'avant de la machine un truck pivotant autour d'une cheville ouvrière. Nous en trouvons trois applications : dans les locomotives de la Haute-Italie, pour trains rapides et lourds, et dans celle du Philadelphie à Reading, destinée au service des trains de marchandises. Dans la machine Fairlie, tout l'ensemble repose sur deux chevilles ouvrières; il en résulte que les tuyaux de prise de vapeur et d'échappement présentent des joints à rotules et à stuffing-box, dont l'entretien doit être soigné d'une façon toute spéciale.

Dans la locomotive-tender à voyageurs des chemins de fer de l'État belge, on a adopté le système des essieux rayonnants de M. Edmond Roy, ingénieur français, pour le passage dans les courbes; les guides des boîtes à huile, ainsi que celles-ci ont leurs faces verticales de contact tracées horizontalement avec un rayon de 2m,60 pris sur l'axe longitudinal de la machine et symétriquement par rapport à cet axe.

La partie inférieure des tiges de pression des ressorts d'avant et

d'arrière repose sur des crapaudines en bronze glissant horizontalement sur le couvercle en fer forgé des boîtes à huile.

Nous indiquerons également le graissage des boudins des roues comme moyen employé pour faciliter le passage dans les courbes de petit rayon. Les essais ont été faits, en 1871, sur les lignes de la Société autrichienne I.-R.-P. des chemins de fer de l'État et ont donné de bons résultats ; d'après les expériences faites en 1871 et 1872, la durée des bandages serait augmentée de 40 pour 100. Ce système est employé d'une manière générale en Autriche, et a donné naissance à des dispositions ingénieuses pour effectuer ce graissage dans des conditions satisfaisantes.

C. — Locomotives pour services spéciaux.

Ainsi que leur nom l'indique, les machines de cette classe ont été établies dans des conditions particulières, qui imposent la nécessité de les examiner à part ; elles sont au nombre de dix, trois ont été construites en France, les sept autres sont étrangères.

Nous devons dire tout d'abord que certaines d'entre elles, à part le service spécial auquel elles sont destinées, ne présentent pour ainsi dire aucune particularité, et elles ne retiendront qu'un instant notre attention ; ce ne sont pour ainsi dire que des réductions des locomotives que nous avons étudiées précédemment ; d'autres, au contraire, présentent des dispositions telles que nous devons les étudier d'une manière plus détaillée et plus complète.

Locomotive de la Compagnie d'Orléans. — Cette machine, construite dans les ateliers de la maison Cail et C^ie^, appartient à une série étudiée pour faire le service des gares, et qui fonctionne depuis bientôt deux ans ; elle est du type tender à trois essieux tous couplés ; les roues ont un diamètre très petit, 1^m^,050 seulement. La machine en

ordre de marche pèse un peu plus de 32 tonnes; ses approvisionnements sont réduits, 2,000 litres d'eau et 750 kilos de combustible, ce qui s'explique d'ailleurs d'après le service auquel elle est destinée.

La grille est presque carrée, $0^m,920 \times 0^m,948$, avec une légère inclinaison de l'avant à l'arrière; les tubes ont $3^m,600$ de longueur, la surface de chauffe est de $75^{m^2},76$, le rapport entre cette surface et la surface *directe* est $15^m,3$, chiffre qui rentre dans la moyenne que nous avons constatée en ce qui touche les grosses locomotives; le foyer est en porte à faux.

Les cylindres ont un diamètre de $0^m,400$ et une course de $0^m,460$, ils sont extérieurs aux longerons ainsi que tout le mécanisme de distribution. Ces dimensions, combinées avec le fort poids adhérent de la machine, permettent d'obtenir une grande puissance de traction.

Le châssis est intérieur, et la distribution est opérée par une coulisse de Gooch.

L'écartement des roues extrêmes est de $2^m,600$; la hauteur au-dessus des rails de l'axe du corps cylindrique est de $1^m,750$; cette machine présente une bonne stabilité et se trouve dans de bonnes conditions de service.

Locomotive de la Compagnie de Londres à Brighton. — Cette locomotive employée sur les lignes de banlieue est et sud de Londres, et construite à Brighton dans les ateliers de la Compagnie d'après les plans de M. William Stroudley, est une machine-tender à six roues accouplées de $1^m,200$ de diamètre.

Le train le plus lourd, remorqué par une machine de ce type, sur une rampe de 10 millimètres par mètre, se composait de trente-six voitures en partie chargées et dont le poids total excédait 200 tonnes, non compris celui de la machine.

Les cylindres et le mécanisme de distribution sont intérieurs aux longerons; la coulisse est du type de Stephenson, le châssis est intérieur.

La surface de chauffe totale est seulement de 47 mètres carrés comprenant une surface directe considérable, 5 mètres carrés; le rapport est en effet 9,4 et c'est un des plus petits que nous rencontrions en comparant les machines destinées à un service de grandes lignes.

L'écartement des essieux extrêmes est de $3^m,66$, et la longueur

totale de la machine de $7^{m},94$; le poids en charge est de 24,350 kilogrammes.

Les approvisionnements en eau et combustible sont respectivement de $2^{m3},300$ et 550 kilogrammes.

Locomotive de Fox et Walker. — La machine exposée par MM. Fox et Walker et construite dans leurs ateliers de Bristol, est capable de faire divers services; elle peut être également employée pour l'exploitation ordinaire des voies ferrées et pour les travaux de terrassements; elle est du type tender avec six roues accouplées de $1^{m},070$ de diamètre.

Le châssis est intérieur; les cylindres sont extérieurs aux longerons; les tiroirs et leur mécanisme de commande sont au contraire intérieurs; la distribution est opérée par une coulisse de Stephenson.

La grille horizontale a des dimensions réduites $0^{m},900 \times 0^{m},740$, donnant une surface de $0^{m2},67$ seulement, la surface de chauffe totale est de 47 mètres carrés correspondant à un rapport de 10,4 entre cette surface et celle du foyer qui est de $4^{m2},50$. Nous devons remarquer que, dans cette machine comme dans la précédente, cette surface directe a été proportionnellement très augmentée. Le corps cylindrique a un diamètre de $1^{m},023$, et a son axe a $1^{m},600$ au-dessus des rails, cette hauteur est une des plus réduites que l'on rencontre parmi les machines à voie large exposées. Le foyer est compris entre les deux derniers essieux.

La course des pistons $0^{m},506$ est relativement considérable par rapport au diamètre $0^{m},356$, le rapport entre ces deux éléments est supérieur à 1, 4, alors que nous avons pu constater que ce rapport était généralement compris entre 1, 2 et 1, 3; cette remarque doit d'ailleurs être également appliquée à la locomotive de la Compagnie de Londres à Brighton, que nous avons examinée immédiatement avant celle-ci.

L'écartement des essieux extrêmes est de $2^{m},960$ seulement, la longueur totale de la machine étant de $7^{m},115$, le poids en charge de 22,500 kilogrammes.

La caisse à eau, placée au-dessus de la chaudière, a une capacité de $2^{m3},700$, et les soutes à charbon permettent d'emporter 250 kilogrammes de combustible.

Locomotive Compound, système Mallet. — Cette machine, exposée par l'inventeur et construite par la Société de Passy d'après le type employé sur le chemin de Bayonne à Biarritz, est une locomotive-tender à six roues accouplées de $1^m,200$ du type particulier dit *Compound*.

Au sein de la Société, d'intéressantes communications qui ont donné naissance à des discussions des plus importantes, ont été faites sur ce type imaginé par notre collègue M. Mallet, pour l'application du système *Compound* aux machines locomotives. On peut dire que la machine exposée présente une des rares nouveautés qu'on rencontre dans les locomotives de l'Exposition universelle, et nous devons appeler d'une manière toute spéciale l'attention de nos collègues sur cette application des plus ingénieuses de l'emploi de cylindres de diamètres différents, en attendant les résultats définitifs de l'expérience qui se fait de ce système depuis un temps déjà assez prolongé.

Certaines particularités doivent être signalées dans la machine exposée; ainsi les cylindres sont mis en communication ensemble et avec la chaudière par un appareil spécial, dit tiroir de démarrage, qui permet à la machine de fonctionner à volonté comme machine Compound, ou comme machine ordinaire, ce qui est nécessaire au moment du démarrage et avantageux lorsqu'il s'agit de monter une forte rampe. Le tiroir de démarrage est en outre muni d'un détendeur automatique qui modère la pression dans le grand cylindre, lors de la marche avec admission directe sur les deux pistons; l'appareil de changement de marche présente de plus une disposition, qui permet de varier à volonté la durée de l'introduction dans les deux cylindres séparément.

Le foyer est placé au-dessus de l'essieu d'arrière; les dimensions de la grille $1^m,400 \times 0^m,900$ sont relativement grandes, les tubes sont courts $2^m,90$. La surface de chauffe totale est de $54^{m^2},26$, soit 9,17 fois la surface du foyer. Le mécanisme est extérieur, la distribution est opérée par la coulisse directe de Stephenson. Les caisses à eau sont placées latéralement et contiennent 2,500 litres d'eau. Enfin, l'échappement est fixe mais de forme annulaire, suivant une disposition essayée il y a déjà de longues années au chemin de fer d'Orléans. La machine pèse 24 840 kilogrammes avec approvisionnements complets.

Locomotive des chemins de fer de l'État (Autriche). — Cette

machine, construite dans les ateliers de Sigl à Vienne, est destinée au service des lignes d'embranchement. Elle est comme les précédentes du type tender à six roues accouplées, dont le diamètre est de $0^m,940$ seulement; remarquons immédiatement que ce petit diamètre n'a pas empêché de charger assez fortement les essieux, ces charges variant de 8,300 à 8,900 kilogrammes.

Le châssis est intérieur; les cylindres et le mécanisme de distribution sont extérieurs aux longerons; la coulisse est droite, du type Allan.

Le foyer est en porte à faux, la grille est inclinée de l'arrière à l'avant, ses dimensions sont $1^m,100 \times 0^m,950$, soit une surface de $1^{m2},045$; la surface totale de chauffe est de 60 mètres carrés, notablement supérieure à celle des machines de Londres à Brighton et de Fox et Walker; le rapport de cette surface de chauffe à la surface directe est de 13,6. Le diamètre du corps cylindrique est de 1 mètre, et la hauteur de son axe au-dessus des rails, de $1^m,550$ (valeur minima pour les cinq premières locomotives destinées aux services spéciaux).

L'écartement des essieux extrêmes est de $2^m,700$ et la longueur totale de la machine, de $7^m,796$.

Nous devons faire remarquer qu'en outre des caisses à eau placées latéralement au-dessus du tablier de la machine, il en existe une autre en dessous, entre les longerons depuis l'avant jusqu'au second essieu; la capacité totale se trouve ainsi portée à 3 mètres cubes, et les soutes peuvent contenir 850 kilogrammes de charbon. Ces approvisionnements sont les plus élevés que nous ayons constatés dans les machines de cette catégorie passées en revue.

Locomotive, système Brown. — Cette machine, construite dans les ateliers de Winterthur (Suisse), et destinée à un service de gare, d'usine ou de chemin de fer d'intérêt local, est portée par deux essieux accouplés avec roues de $0^m,940$ de diamètre; tout le mécanisme est extérieur.

Dans cette machine le mouvement des pistons est transmis aux roues par l'intermédiaire d'un balancier. Cette disposition appliquée, on se le rappelle, sur la machine Belpaire, exposée à Vienne en 1873, permet de relever les cylindres et, dit-on, d'équilibrer le mécanisme sans l'emploi de contrepoids sur les roues.

La crainte d'une usure rapide de l'axe des balanciers ne s'est pas

justifiée, et l'expérience a démontré qu'elle était presque inappréciable. Ces axes sont trempés et rodés avec soin, et dans les douilles des balanciers, on emmanche des bagues en bronze phosphoreux.

Avec le système particulier de mécanisme de distribution que l'on rencontre sur cette machine, les coulisses, les excentriques et les manivelles de distribution se trouvent supprimés.

Dans ce système, la commande des tiroirs se fait par l'intermédiaire d'une bielle, dont un des points d'attache se trouve sur la *bielle motrice* de la machine, et dont l'autre extrémité agit sur un levier articulé fixe. Il y a là une disposition cinématique très ingénieuse, et que nous devons particulièrement signaler. Les admissions sont très exactes, soit pour la marche en avant, soit pour la marche en arrière à tous les crans du secteur.

Les boîtes à graisse portent des patins munis de tourillons, qui permettent à l'essieu de s'incliner transversalement sans qu'il soit nécessaire de donner du jeu latéralement.

La suspension de la machine se fait au moyen de trois ressorts : deux latéraux pour l'essieu d'arrière et un transversal pour l'essieu d'avant.

La caisse à eau est comprise entre les longerons et fait partie du châssis.

Locomotives de manutention. — Parmi les locomotives que nous examinons en ce moment, nous en trouvons deux dites de manutention, et qui, ainsi que leur nom l'indique, sont destinées à remplacer en tout ou partie les chevaux de manœuvre employés dans les gares. Ces deux machines ont été exposées par la Compagnie du Nord français et par la Société de Saint-Léonard (Belgique), elles sont comparables entre elles, et nous les décrirons simultanément.

La machine de la Compagnie du Nord français a été construite par la Compagnie de Fives-Lille, et, outre la destination que nous indiquions ci-dessus, elle doit également servir à la traction des wagons entre la gare et le port de Compiègne.

La locomotive porte pour les manœuvres des wagons un treuil ou cabestan placé à l'arrière et actionné par une petite machine Brotherood; elle est supportée par deux paires de roues couplées. La chaudière est verticale avec tubes Field et le mécanisme est extérieur.

La locomotive du système Vaessen, presque semblable à la précédente,

a été construite par la *Société de Saint-Léonard*, à Liége; elle est portée par quatre roues accouplées, les cylindres, les roues et le mécanisme sont extérieurs aux longerons; la distribution est du système Walschaert; pour obtenir un arrêt rapide cette locomotive est munie d'un frein à excentrique agissant instantanément sur les quatre roues; quant à la chaudière, elle est verticale avec tubes Field.

Bien que ces deux locomotives présentent les mêmes dispositions d'ensemble, nous devons faire remarquer que les dimensions adoptées pour les mêmes parties sont très différentes.

Ainsi, la machine du Nord a une surface de grille de $0^{m2},49$; dans celle de Vaessen, cette surface n'est plus que de $0^{m2},28$; l'écart entre les surfaces totales de chauffe est moindre, $9^{m2},30$ dans la première, $8^{m2},35$ dans la seconde; le rapport de la surface de chauffe totale à la surface directe varie de 2, 3 à 4, 7, soit du simple au double.

Les châssis sont intérieurs dans les deux cas; quant au poids total il est respectivement de 9,950 kilog. (machine du Nord), et de 6,714 kil. (machine de Vaessen).

Locomotive à forte rampe, système Riggenbach. — La locomotive du système Riggenbach, construite dans les ateliers d'Aarau (Suisse), est destinée à desservir un chemin à fortes rampes, sur lequel le trafic principal se fait en descendant, de sorte qu'elle n'a principalement à remorquer sur la rampe, que les wagons vides et les voitures à voyageurs.

Cette machine du poids de 18 tonnes en service, doit remorquer sur des rampes de 20 millimètres un train de 90 tonnes, avec une vitesse de 20 à 25 kilomètres à l'heure par adhérence, et le même poids, vitesse de 10 à 12 kilomètres, sur des rampes de 52 millimètres, au moyen de la crémaillère. A la descente elle doit retenir un train de 140 tonnes.

L'essieu moteur est muni de deux pignons, dont l'un est destiné à faire mouvoir la grande roue dentée qui engrène dans la crémaillère, et l'autre fait mouvoir une seconde roue, qui sert à faire fonctionner les quatre roues à adhérence ordinaire.

Les deux mouvements sont entièrement indépendants l'un de l'autre; si la machine travaille au moyen de la roue dentée, les quatre roues ne sont que de simples roues porteuses, et si par contre on n'a qu'à utiliser l'adhérence, la roue dentée reste immobile. Un débrayage

manœuvré par le mécanicien, fait fonctionner l'un ou l'autre des pignons de transmission selon le besoin.

M. Riggenbach munit toutes les locomotives de son système d'un frein à air comprimé agissant par aspiration et compression de l'air dans les cylindres mêmes de la machine; le réglage de ce frein se fait au moyen d'un robinet appliqué sur le tuyau d'échappement de l'air, robinet assez petit pour être mû par le machiniste à l'aide du doigt; l'énergie est telle que l'on est toujours maître de la vitesse en fermant plus ou moins l'orifice d'échappement, et ce résultat est obtenu de la manière la plus simple et la plus efficace.

Ce moyen de modération est exclusivement adopté à la descente des plus grandes pentes connues sur les chemins de fer, les rampes atteignant jusqu'à 25 centièmes des chemins de fer à crémaillère, et les pentes de 7 centièmes du chemin de l'Uetliberg, et de 5 centièmes du chemin de Wadensweil à Einsieldeln, ces deux derniers à adhérence ordinaire.

Voiture à vapeur, système Belpaire. — Cette voiture est destinée, indépendamment du service des lignes de ceinture et de jonction, à faire l'exploitation des lignes à faible trafic, notamment sur les lignes d'intérêt local.

On a réuni, sur un même châssis porté par trois paires de roues de 970 millimètres, le moteur et la voiture destinée aux voyageurs, laquelle comprend deux classes en réservant un espace spécial pour les bagages.

La paire de roues d'avant est seule motrice, elle est montée sur un essieu coudé à deux manivelles; le mécanisme moteur est installé en dessous du plancher de service du mécanicien, sur une plaque de tôle dressée et rabotée, laquelle est légèrement inclinée vers l'essieu coudé. Cette plaque qui sert de bâti à la machine est suspendue par une de ses extrémités à la traverse d'avant du châssis, au moyen d'un support articulé à la fois parallèlement à l'axe de la voiture, et perpendiculairement à cet axe; elle s'appuie par l'autre extrémité, terminée par deux manchons garnis de coussinets, sur l'essieu moteur.

Deux cylindres jumeaux sont assemblés sur cette plaque, qui porte les règles et coulisseaux des crosses de pistons, ainsi que l'arbre du mouvement du changement de marche, la distribution est commandée par une coulisse de Stéphenson.

Le générateur a son axe parallèle à l'essieu et il est du système tubulaire.

Nous ferons remarquer que les parois en tôle du réservoir de vapeur, en contact avec la flamme, sont recouvertes de feuilles de cuivre rouge de 2 millimètres d'épaisseur; nous pensons que cette disposition est critiquable dans une certaine mesure.

La partie inférieure de la boîte à fumée est terminée par un appendice formant trémie pour le dépôt des escarbilles, dont l'évacuation peut se faire au moyen d'un clapet, commandé par un levier à la main du machiniste.

Le réservoir d'eau est fixé au-dessous du châssis, et l'alimentation de la chaudière se fait par deux injecteurs verticaux.

Le mécanicien-chauffeur peut agir à la fois sur le levier du régulateur, sur celui du changement de marche, enfin sur celui d'un frein ordinaire commandant quatre sabots agissant sur les quatre roues d'arrière de la voiture; ce frein peut être également manœuvré de l'arrière au moyen d'un autre levier mis à la disposition du garde.

La voiture en charge pèse environ 20,000 kilogrammes, et permet le transport de 50 voyageurs avec 500 kilogr. de bagages.

D. — Locomotives pour chemins industriels et agricoles à voie étroite.

Les chemins de fer à voie étroite sont considérés par un certain nombre d'ingénieurs comme étant le véritable type à adopter pour les lignes à faible trafic, celles d'intérêt local, par exemple, et pour les chemins industriels. Nous trouvons à l'Exposition un grand nombre de machines destinées aux différents services que l'on peut avoir à remplir dans de semblables conditions, et nous avons pensé qu'il était intéressant de les grouper ensemble pour en faciliter l'examen.

Ces machines, au nombre de quatorze, ont été classées d'après la

largeur de la voie sur laquelle elles doivent circuler, et nous verrons que, pour un certain nombre d'entre elles, les dispositions adoptées sont les mêmes quant à l'ensemble et ne diffèrent que dans certains détails, que nous ferons connaître lorsqu'ils présenteront une réelle importance. D'après ce qui précède, notre étude comprendra les locomotives rangées dans les catégories suivantes :

1°	Machines	pour voie de	1	mètre;
2°	—	—	91	centimètres;
3°	—	—	89	—
4°	—	—	80	—
5°	—	—	75	—
6°	—	—	71	—
7°	—	—	60	—
8°	—	—	50	—

1° MACHINES POUR VOIE DE 1 MÈTRE.

Les machines de ce groupe, au nombre de six, demandent à être examinées, pour la plupart du moins, d'une manière assez complète; car cinq d'entre elles sont assez puissantes, leur poids utile pour l'adhérence variant de 12,000 à 18,400 kilogrammes. Nous allons donc commencer par en donner une description sommaire suffisante pour faire comprendre les dispositions d'ensemble, en nous étendant toutefois sur certaines d'entre elles construites dans des conditions pour ainsi dire spéciales.

Machine pour les chemins du Brésil. — Cette machine, construite par la Compagnie de Fives-Lille (France), est destinée à faire la traction des trains de marchandises sur le prolongement du chemin de fer de Pernambuco (Brésil), sur lequel on trouve de nombreuses courbes de 100 mètres de rayon. Pour faciliter le passage dans ces courbes on a fait usage d'un avant-train mobile, du système Bissel, chargé par l'intermédiaire d'un balancier. On a, de plus, supprimé les boudins des bandages des roues accouplées du milieu; ces roues accouplées sont au nombre de six, au diamètre de 1 mètre. Le dernier essieu est placé sous le foyer.

Le mécanisme est extérieur aux roues et la machine est munie d'un

frein à contre-vapeur; l'alimentation se fait au moyen d'une pompe actionnée par un excentrique spécial monté sur l'essieu du milieu, ou par un injecteur placé à un niveau inférieur à celui des caisses à eau du tender.

La cheminée est du type adopté sur les locomotives russes; le régulateur est placé dans le dôme de vapeur; la tente-abri est du type adopté au Brésil et approprié aux exigences du climat; le disque signal est semblable à celui des machines américaines; enfin, l'avant est pourvu d'un chasse-bœuf.

Cette machine est la seule qui ait un tender séparé, toutes les autres de la même catégorie portent leurs approvisionnements.

Machine de la Société des Batignolles. — Ce type a été étudié de manière à permettre des modifications soit dans la chaudière (surface de grille, de chauffe, pression), soit dans le diamètre et la course des pistons, soit dans le diamètre des roues, soit enfin dans la capacité des caisses à eau, pour modifier à la demande la vitesse de machine et la puissance de traction et de vaporisation.

Le type exposé est le plus petit de ceux que l'on s'est proposé de réaliser; la machine est portée par six roues couplées du diamètre de 80 centimètres; le mécanisme est extérieur; les poulies d'excentrique de très petit diamètre sont fixées d'une manière spéciale sur la contre-manivelle; la coulisse de distribution est droite et le coulisseau porte son graisseur; la tête de piston n'est guidée que par une glissière unique; les bielles d'accouplement ont leurs têtes fermées et garnies simplement d'une bague. La chaudière est du type ordinaire.

Machines de Cail et Cie, Corpet et Bourdon, Société de Passy. — Ces trois locomotives présentent les mêmes dispositions, et il nous suffira de dire qu'en ce qui concerne le mécanisme, il est extérieur aux longerons, et que la chaudière est du type ordinaire.

Les deux premières reposent sur trois essieux, tous couplés avec roues de 80 centimètres; la troisième est portée par deux essieux seulement et les roues accouplées ont un diamètre de $1^{m},05$. L'alimentation se fait au moyen d'injecteurs; la machine Cail est, en outre, munie d'une pompe injecteur du système Chiazzari, que nous avons déjà décrite.

Nous ajouterons que la machine de la Société de Passy a été con-

struite pour pouvoir circuler sur des lignes à voie étroite, ainsi qu'elle figurait à l'Exposition, ou sur des lignes à voie normale au moyen du simple changement des essieux, le châssis devenant intérieur dans le second cas.

Si nous nous livrons à un examen comparatif des cinq locomotives que nous venons d'indiquer, nous voyons que *les surfaces de grille* varient du simple au double : $0^{m2},42$ (Société des Batignolles) est le minimum ; $0^{m2},85$ est le maximum (Chemins du Brésil), et les variations ne sont nullement en rapport avec le poids utile adhérent qu'elles présentent; ainsi la machine des Batignolles, avec la surface minima que nous avons indiquée, a un poids adhérent de 13,600 kilogrammes; au contraire, celle de Cail et C^ie^ a $0^{m2},63$ de surface de grille et un poids utile de 12,000 kilogrammes seulement, enfin nous ajouterons que trois d'entre elles ont une grille variant seulement de $0^{m2},57$ à $0^{m2},63$ c'est-à-dire sensiblement comparable.

Nous remarquerons à ce sujet que la machine du chemin de fer de Pernambuco, devant employer le bois comme combustible, a une grille beaucoup plus grande proportionnellement que celle que l'on rencontre dans les locomotives similaires.

Quant à la question du poids adhérent, il est évident que l'on doit trouver des variations, selon le poids des rails servant à la construction de la voie sur laquelle ces machines doivent circuler.

Les surfaces de chauffe totales présentent des différences analogues à celles que nous venons d'indiquer : $24^{m2},50$ est le minimum (Société des Batignolles); le maximum est de $49^{m2},22$ (machine du Brésil).

Le diamètre du *corps cylindrique* varie de 76 centimètres à 1 mètre, toujours pour les mêmes locomotives, et son épaisseur, de 8 millimètres à 11 millimètres; cette dernière cote se rencontre pour trois d'entre elles; quant au timbre, il reste compris entre 7 et 9 kilogrammes.

Charge sur les essieux. — Cette charge est très variable et est comprise entre 4,000 kilogrammes (Cail et Cie) et 8,100 kilogrammes (Société de Passy), pour les essieux moteurs; la répartition aussi égale que possible a servi de règle et nous ne constaterons pas de grands écarts; enfin, nous ajouterons que quatre des machines ont six roues couplées, et que la cinquième, construite par la Société de Passy, n'en

a que quatre qui sont d'ailleurs exceptionnellement chargées, comme on vient de le voir, par rapport à celles des autres locomotives.

Locomotive Larmanjat. — Cette machine, construite par la maison Cail et Cie, est destinée spécialement aux chemins de fer sur route; une des roues est armée de dents mobiles qui permettent, en engrenant avec une crémaillère placée le long du rail, de gravir les rampes ordinaires des voies de terre. Une disposition particulière permet de faire rentrer les dents dans l'intérieur de la roue de manière à n'utiliser à volonté que l'adhérence en faisant disparaître toute saillie apparente capable de gêner la circulation.

La chaudière est du type locomotive et le mécanisme est placé intérieurement aux longerons.

2° MACHINES POUR VOIE INFÉRIEURE A 1 MÈTRE.

Pour les machines ci-dessous indiquées destinées à des exploitations industrielles et agricoles et qui ne présentent rien de particulier, il nous suffira de dire que les cylindres, le mouvement et la distribution sont extérieurs et que l'alimentation se fait par un injecteur; elles sont du type tender, qui est d'ailleurs le seul employé; ce sont :

1° Machine de Black Hawthorn, pour voie de 91 centimètres;
2° — Cail et Cie, — 80 —
3° — Reschitza, — 71 —
4° — Couillet, — 60 —

Les dimensions comparatives se trouvent portées dans le tableau n° 3 du présent rapport.

Les locomotives suivantes présentent, au contraire, des conditions spéciales d'établissement qui nécessitent une description plus spéciale et plus complète :

1° Locomotive de Suède, pour voie de 89 centimètres;
2° Locomotive-Grue, sytème Brown, pour voie de 75 centimètres;
3° — Cail et Cie, — 60 —
4° — Corpet et Bourdon, — 50 —

Locomotive Nydqvist et Holm. — Cette machine pour voie de 89 centimètres est destinée à faire le service des chemins de fer de

l'île de Gothland, elle est à six roues accouplées de 99 centimètres de diamètre et son poids adhérent est de 15,800 kilogrammes en ordre de marche.

Les cylindres et le mécanisme sont extérieurs, la distribution est commandée par une coulisse droite du type Allan; les tiroirs sont placés directement au-dessus des cylindres et leurs tiges placées sur le côté les conduisent par un cadre circulaire.

Les ressorts d'avant et du milieu sont placés au-dessus des boîtes à graisse et sont reliés par des balanciers à bras de levier légèrement inégaux; au contraire, à l'extrémité postérieure, la machine est supportée par un ressort transversal, de façon qu'elle est virtuellement soutenue en trois points.

La chaudière est du type ordinaire avec foyer Belpaire.

Les caisses à eau sont placées latéralement et ont une capacité de 1,660 litres; la chaudière est alimentée par des injecteurs. L'approvisionnement de charbon est de 300 kilogrammes; il est placé dans une soute à l'arrière de la plate-forme, celle-ci est protégée par une cabine.

Pour l'arrêt, un frein agit sur les six roues à la fois.

Locomotive-Grue, système Brown. — Le mécanisme de la locomotive est semblable à celui que nous avons décrit, en nous occupant de la machine pour service spécial; cette machine est à trois essieux accouplés, à la voie de $0^m,75$ et pèse 8 tonnes à vide. Un jeu transversal ménagé dans l'essieu d'avant permet le passage dans des courbes de 50 mètres de rayon. La suspension est obtenue sur trois points par un système de leviers.

Cette machine est munie d'une grue à vapeur de la force de 1,500 kilos. Cette grue est à action directe; le cylindre est placé dans le dôme de prise de vapeur, et la face supérieure du piston est mise en communication constante avec l'eau de la chaudière; la face inférieure communique par un tuyau avec une boîte à deux soupapes, dont l'une établit la communication avec l'air extérieur, et l'autre avec la vapeur du dôme. La tête de tige du piston est attachée directement à l'une des extrémités d'un balancier à bras inégaux, dont l'autre porte un crochet auquel est attachée la charge.

Pour opérer le levage d'un fardeau, le piston étant au haut de sa course, il suffit d'ouvrir la soupape d'échappement; la pression de la

vapeur agissant alors sur l'eau, fait monter celle-ci par les tubes dans le cylindre, et au-dessus du piston sur lequel elle exerce sa pression.

Pour la descente on ferme la communication du fond du cylindre avec l'atmosphère, et on l'établit avec la chaudière; l'équilibre s'établit alors sur les deux faces du piston, qui n'est plus sollicité que par le poids du grand bras du balancier, qui le fait remonter en forçant l'eau à retourner lentement à la chaudière par les tubes de petite section.

On conçoit facilement que tous ces mouvements se fassent sans choc, et nous devions signaler ce mécanisme, qui nous a paru des plus ingénieux.

Locomotive Cail pour voie de 0m,600.— Dans cette locomotive du poids de 1,500 kilos, et portée par quatre roues accouplées de 0m,400 de diamètre, la chaudière est verticale avec tubes Field ; le cylindre également vertical actionne directement un arbre manivelle, qui commande au moyen d'un pignon et d'une roue dentée l'essieu d'avant. Tout le mouvement est recouvert d'une enveloppe en tôle pour le garantir de la poussière et de l'humidité. L'alimentation se fait à l'aide d'un injecteur Giffard.

Il est bon de remarquer que cette machine ne porte pas de ressorts de suspension.

Machine Corpet et Bourdon, voie de 0m,500. — Cette machine est destinée à faire les transports pour lesquels les chevaux sont généralement employés, soit pour le service d'une usine soit pour celui d'une exploitation agricole; elle est à quatre roues couplées de 0m,280 de diamètre.

Les cylindres font entre eux un angle se rapprochant sensiblement de 90°, et agissent sur une même manivelle. La distribution de la vapeur se fait au moyen de tiroirs commandés pour les deux cylindres, et pour la marche dans les deux sens par un seul excentrique.

L'essieu moteur transmet son mouvement à l'essieu accouplé au moyen de deux bielles placées l'une à droite, l'autre à gauche et de manivelles formant entre elles un angle de 90°; ces manivelles font avec la manivelle motrice de part et d'autre un angle de 135°; de cette façon la résultante des poids des bielles d'accouplement, fait un angle de 180° avec la manivelle motrice et peut ainsi à peu près l'équilibrer.

La chaudière est du type locomobile, le corps cylindrique est entièrement rempli d'eau, et les deux dômes qui le surmontent communiquent par un siphon intérieur.

La machine porte ses caisses à eau et à charbon; le frein est du système à patin agissant sur le rail.

E. — Locomotives de Tramways.

Les tramways ont pris dans ces dernières années une extension tellement considérable, que la question de la traction mécanique et de la meilleure manière de la réaliser est des plus intéressantes. De nombreuses discussions, au sein même de la Société des Ingénieurs civils, ont appelé l'attention sur ce point, et, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des préliminaires, nous pouvons entrer immédiatement dans le cœur de la question.

Trois systèmes de moteurs se trouvent en présence, et ont été essayés sur les réseaux de Paris, ce sont :

1° Les locomotives à foyer;
2° Les locomotives sans foyer;
3° Les machines à air comprimé.

Nous examinerons successivement ces trois genres de moteurs, et nous indiquerons tout d'abord, les conditions générales exigées par l'Administration, pour les machines devant circuler sur les routes et dans les rues des villes; ces conditions sont relatives à la sécurité publique et à la salubrité, on peut les résumer comme suit :

« Il faut que tout danger d'explosion soit écarté, et que les machines « ne lancent dans l'atmosphère ni fumée, ni flammèches, qui pour- « raient incendier les récoltes et les toitures de chaume de la campa- « gne, il est nécessaire d'éviter, le soir principalement, la lueur du « foyer, et la projection sur le sol de charbons incandescents, ainsi

« que tout ce qui est de nature à épouvanter les chevaux, et à déter-
« miner par suite de graves accidents. »

Passons maintenant à l'examen des moteurs, qui rentrent dans chacun des groupes que nous avons indiqués :

1° LOCOMOTIVES A FOYER.

Les machines de ce groupe sont les plus nombreuses et présentent les plus grandes variétés, ainsi qu'on le verra par la description que nous allons donner de chacune d'elles.

Locomotive de la Société Aulnoye-Berlaimont. — L'ensemble de l'appareil est disposé dans une caisse munie de deux plates-formes, présentant l'aspect extérieur d'une petite voiture de tramway; c'est d'ailleurs là une disposition à peu près générale, pour tous les moteurs de cette catégorie.

Pour éviter l'emploi de plaques tournantes aux extrémités de la ligne exploitée, la machine porte sur chacune des plates-formes, un levier de changement de marche, un de modérateur et un troisième commandant le frein.

La chaudière est verticale, à foyer intérieur et tubes verticaux; les escarbilles sont retenues par un grillage métallique; de plus, le foyer a deux portes placées aux deux extrémités d'un diamètre correspondant à l'axe de la voie, ce qui permet de faire le chargement par l'une ou l'autre des plates-formes, suivant le sens de la marche. Les cylindres sont inclinés, et tout le mécanisme se trouve placé à l'extérieur des longerons; toutes les pièces sont enveloppées dans une caisse métallique, qui les met à l'abri de la poussière et de la boue.

On a cherché à résoudre la grosse question de la fumivorité par la disposition suivante, qui nous a semblé un peu compliquée : la vapeur, après avoir produit son effet dans les cylindres, se rend dans une couronne en cuivre rouge, placée à l'intérieur du foyer et sur laquelle sont fixés alternativement une série de tuyaux horizontaux, munis d'ajutages verticaux, dont chacun occupe le centre du tube correspondant de la chaudière.

Pour l'arrêt on a un frein à vapeur agissant immédiatement sur les quatre roues.

L'appareil d'attelage est disposé pour permettre le mouvement dans tous les sens, il est à cet effet articulé et d'un système que les exposants désignent sous le nom de *parallélogrammatique*.

Locomotive Weyher et Richemond (France). — Comme la précédente, la machine tout entière est enfermée dans une caisse munie de deux plates-formes. Le système adopté comme machine est celui dit *Compound;* on a de plus employé un condenseur à surface pour supprimer l'échappement et réduire la consommation de combustible.

La transmission du mouvement de la machine s'opère à la fois aux quatre roues, par le moyen de deux galets de friction portant sur les bandages ; pour assurer la transmission de cette manière on a dû recourir à un système spécial de suspension ; nous pensons que dans ces conditions cette transmission laissera quelque peu à désirer, la machine ne paraissant pas avoir une rigidité suffisante.

La chaudière se compose d'un corps cylindrique vertical, contenant le foyer surmonté des tubes. Ces tubes traversent un corps horizontal cylindrique, placé en travers de la voiture et destiné à augmenter le volume d'eau et de vapeur.

Nous remarquerons que les tubes se trouvent placés en partie dans l'eau, en partie dans la vapeur, et que cette disposition n'est pas exempte de critique. De plus, les différentes parties, chaudière, mécanisme, etc., sont massées ensemble d'une manière très compacte, ce qui rend l'accès de certaines d'entre elles assez difficile.

Le mécanisme est disposé de manière à manœuvrer dans les deux sens sans avoir à retourner la machine.

Machines Harding et Merryweather. — Les machines dites du système Harding, l'une construite en France par la Compagnie de Fives-Lille, l'autre sortant des ateliers de MM. Merryweather, de Londres, sont absolument semblables comme disposition générale; elles ne diffèrent entre elles que par certaines dispositions de détail; une seule description nous semble donc suffisante pour donner une idée des conditions dans lesquelles elles sont toutes deux établies.

Le mécanisme est intérieur aux longerons et comprend deux cylindres horizontaux commandant un essieu coudé. Les organes mobiles sont masqués par des plaques de tôle, qui descendent au ras du sol.

La chaudière est du type locomotive, la porte du foyer est placée latéralement, le combustible employé est le coke pour éviter la fumée.

La machine est munie d'un frein à pédale agissant sur les quatre roues.

Pour empêcher le panache de fumée, la locomotive de Fives-Lille, présente la disposition suivante : la vapeur à sa sortie des cylindres, se rend dans une boîte munie de purgeurs, placée à l'avant, et où elle se condense en partie, l'excédent est rejeté dans la boîte à fumée et s'échappe par la cheminée.

Dans la machine de Merryweather, la vapeur après avoir rempli son effet utile est envoyée sous le foyer.

Telles sont les seules différences qui existent entre ces deux moteurs et que nous devions faire connaître.

Locomotive de Hughes. — La machine pour tramway, de M. Hughes, présente les dispositions générales d'une locomotive ordinaire, et elle est, de plus, pourvue d'un système pour prévenir l'émission de la fumée et de la vapeur.

L'ensemble repose sur quatre roues qui sont accouplées, et le mécanisme comporte deux cylindres inclinés agissant sur des manivelles calées à 90 degrés; la distribution est du système ordinaire avec coulisse de Stéphenson.

La chaudière est du type locomotive avec des proportions telles qu'elle puisse fonctionner par tirage naturel; le foyer est assez grand pour qu'il n'y ait pas besoin de faire de chargement pendant le voyage; l'alimentation se fait au moyen d'une pompe puisant l'eau à une température de 80 degrés dans des réservoirs spéciaux; un Giffard, prenant l'eau dans un réservoir d'eau froide, complète l'installation et peut être employé lorsque l'on veut empêcher la pression de monter. Les soupapes de sûreté et les robinets de niveau sont dans une enveloppe fermée, pour éviter l'échappement de la vapeur à l'extérieur.

La disposition adoptée par M. Hughes, pour la condensation totale de la vapeur d'échappement, est la suivante :

Aux caisses à eau placées sous la machine se trouve fixée une pièce dans laquelle se meut un obturateur formant soupape, lié au bras de commande du régulateur, de façon que toutes les fois que celui-ci est ouvert, l'obturateur l'est également. L'ouverture de cet organe a pour effet de mettre la caisse à eau en communication avec l'espace compris

entre deux autres soupapes réunies entre elles, et qui se trouvent dans une boîte spéciale.

Chaque fois que la vapeur s'échappe des cylindres, elle soulève les deux soupapes dont nous venons de parler, et, tandis qu'elle tend à s'échapper, elle rencontre un jet d'eau annulaire provenant d'une caisse à eau supérieure qui la condense; l'eau chaude qui en résulte passe dans les caisses inférieures. La machine est pourvue d'un frein à vapeur et d'un régulateur automatique qui peut servir à arrêter la machine, si elle dépasse une *vitesse fixée d'avance;* il y a aussi un frein à pédale, et tous les organes sont disposés pour pouvoir être manœuvrés par le mécanicien de chaque extrémité de la machine.

Locomotive de tramway, système Vacssen (Société de Saint-Léonard, Belgique.) — Cette machine repose sur six roues, dont quatre accouplées; l'essieu porteur peut se déplacer latéralement pour faciliter le passage dans les courbes de petits rayons.

Les cylindres, les roues et le mécanisme sont extérieurs aux longerons. La distribution est du système Walschaert, très employé en Belgique; la machine est munie d'un frein à excentrique agissant instantanément sur les quatre roues motrices.

La chaudière est tubulaire et horizontale avec grand foyer en cuivre.

Comme dans toutes les autres machines, on a cherché à obtenir une fumivorité aussi complète que possible. A cet effet la vapeur, après le travail dans les cylindres, se rend dans un réservoir et se divise en trois parties qui se règlent à volonté de la plate-forme où se trouve le mécanicien, savoir :

1° Une partie sert à activer le tirage;

2° Une autre se rend dans un tuyau circulaire, percé de petits trous, qui est placé dans la boîte à fumée vers la plaque tubulaire; la vapeur qui s'échappe sert à abattre la fumée, le gravier et les escarbilles;

3° La troisième partie se condense dans des serpentins placés dans les caisses à eau.

Machine de tramway, système Brown (Ateliers de construction de Winterthur, Suisse). — Comme dans toutes les machines du système Brown, le mouvement des pistons est transmis aux roues par l'intermédiaire d'un balancier; le système particulier

de distribution que nous avons décrit précédemment, et qui permet la suppression des excentriques et des contre-manivelles, est également employé; tout le mécanisme est extérieur.

Pour obtenir un échappement aussi silencieux que possible on envoie la vapeur, à sa sortie des cylindres, dans un réservoir intermédiaire duquel la vapeur s'échappe au moyen d'une buse placée dans l'axe de la cheminée.

Tous les leviers de manœuvre sont en double, un jeu à chaque extrémité de la machine.

Le type de la chaudière est celui que l'on rencontre dans les chaudières de locomobiles, mais la hauteur du dôme a été beaucoup augmentée. Nous devons faire remarquer que le corps cylindrique horizontal est complètement rempli d'eau. La pression de la vapeur atteint le chiffre très élevé de 15 atmosphères, que l'on ne rencontre dans aucune des autres machines, soit françaises, soit étrangères.

Nous ajouterons, à titre de renseignement, que cette machine est employée à titre d'essai par les Compagnies de tramways de Paris, Genève, Milan, Strasbourg; elle a, paraît-il, donné de bons résultats dans des expériences comparatives faites à Bruxelles, Cologne, Berlin, Hambourg, Lisbonne, Porto, résultats qu'il ne nous a pas été permis de vérifier, et sur lesquels nous n'avons reçu aucun document.

II. — LOCOMOTIVES SANS FOYER

Locomotive sans foyer, système Francq et Lamm. — Les locomotives à vapeur sans foyer ont été imaginées dans le but d'éviter les inconvénients, qui sont la conséquence de la présence d'un foyer, lorsqu'il s'agit de traction dans l'intérieur des villes. On a utilisé à cet effet et d'une manière fort ingénieuse, la capacité calorifique de l'eau, en communiquant par avance à cette eau une quantité de chaleur suffisante pour obtenir ensuite la production de vapeur nécessaire au fonctionnement de la machine.

La machine exposée, construite par la maison Cail et C^ie^, se compose d'un vaste réservoir cylindrique en tôle d'*acier* surmonté d'un dôme, et d'un mécanisme moteur analogue à celui des locomotives et qui est intérieur aux longerons; les deux essieux qui supportent la machine sont accouplés.

Au moment du départ, l'eau emmagasinée dans le réservoir cylindrique, est à une pression de 15 atmosphères, correspondant à une température de 200 degrés centigrades environ.

La vapeur puisée dans le dôme est conduite dans un appareil d'équilibre dit détendeur, et dont la fonction consiste à débiter la vapeur dans les cylindres à une pression constante quelconque, quelle que soit la pression variable du réservoir; de là, la vapeur se rend aux cylindres et après avoir exercé son action, elle passe dans un condenseur à air de très grande surface.

La machine est munie d'un frein à pédale agissant sur les quatre roues.

Cette machine est employée depuis plusieurs mois sur la ligne de Rueil à Port-Marly.

Machines à air comprimé, système Mékarski. — D'intéressantes communications ont été faites à la Société des Ingénieurs civils, sur l'emploi de l'air comprimé comme moteur applicable à la traction des tramways; nous ne croyons donc pas utile d'indiquer ici, d'une manière détaillée, le système de moteurs de notre collègue, M. Mékarski, et nous nous contenterons simplement d'en rappeler le principe.

Dans ce système, l'air envoyé aux cylindres moteurs n'est pas de l'air sec et froid, mais de l'air saturé de vapeur à haute température. Ce mélange s'obtient facilement en faisant traverser à l'air divisé en bulles fines une colonne d'eau chaude emmagasinée à 150 degrés au début de l'opération, et dont le volume est calculé par rapport à celui de l'air, de telle sorte que les proportions du mélange restent constantes pendant toute la période du travail. De plus, grâce à une disposition particulière du régulateur, le mélange passe du réchauffeur aux cylindres avec une pression variable à la volonté du mécanicien.

Dans la voiture automobile, qui est du poids total de 8 tonnes et qui permet le transport de trente voyageurs, dont dix-sept assis à l'intérieur et treize debout sur la plate-forme, l'air comprimé à 30 atmosphères est emmagasiné sous le châssis de la voiture; le mécanisme moteur, analogue à celui d'une petite locomotive, est extérieur aux longerons et complètement enfermé dans deux caissons de tôle; le réchauffeur est placé sur la plate-forme d'avant; l'arrêt s'obtient au

moyen d'un frein Stilmant, actionné par l'air comprimé et agissant sur les quatre roues.

Dans le remorqueur pour tramways, l'air, à la même pression de 30 atmosphères, est contenu dans des réservoirs placés sur le châssis ; la bouillotte est sur la plate-forme d'avant ; enfin, le mécanisme est complètement enfermé à l'intérieur des longerons, la commande et l'accouplement se faisant au moyen d'essieux coudés.

Locomotive routière de 9 tonnes. — Les locomotives routières, construites par la maison Cail et C^ie^, dont une est exposée classe 64, ont été principalement combinées pour le transport des marchandises à petite vitesse ; elles sont montées sur un châssis formé de longerons et traverses, et des ressorts les suspendent sur les roues motrices et directrices.

La chaudière et les caisses à eau et à combustible sont complètement indépendantes du mécanisme ; celui-ci est placé sous la chaudière, entre les longerons ; il comporte deux cylindres, un mouvement différentiel pour la commande des roues motrices, un changement de marche et un frein ; cette commande se fait par un système d'engrenages qui permet aux roues de parcourir exactement et sans glissement sur le sol les courbes déterminées par la manœuvre de l'avant-train, et cela sans que les roues cessent d'être motrices ; cette disposition permet le passage dans des courbes de 8 à 10 mètres de rayon.

La machine exposée a été adoptée par le Ministère de la Guerre pour faire le service des forts.

Pour terminer nous citerons les modèles de machines du système à patins, exposés par la maison Fortin-Hermann, et pour lesquels nous n'avons reçu aucun renseignement, et également pour mémoire le tricycle et le vélocipède à vapeur de M. L.-G. Perreaux.

Freins.

En ce qui concerne les locomotives proprement dites, les freins que nous avons à considérer dans ce rapport sont peu nombreux.

Nous citerons tout d'abord la présence d'un *frein ordinaire* agissant sur la roue porteuse d'avant, dans la machine pour trains rapides et lourds exposée par la Compagnie de l'Est, à l'imitation de ce qui a été fait depuis longtemps par la Compagnie du Nord. La machine du Nord était d'ailleurs munie d'un frein pouvant être serré, soit à la main, soit par le vide. La machine de Sharp porte un frein agissant sur les roues accouplées, et pouvant être serré, soit à la main, soit à la vapeur. Dans les machines qui appartiennent au type tender, les sabots agissent sur les roues couplées plus fortement chargées que les autres.

Quant aux systèmes spéciaux de freins que nous avons remarqués, nous indiquerons le *frein hydraulique du système Webb*, agissant par l'intermédiaire de sabots en fonte sur les roues couplées de la machine pour trains rapides et lourds de Sharp, Stewart. (Voir *The Engineering*, vol. XXIV, page 473). — Ce frein est disposé de manière à pouvoir agir à volonté à la main, ou par la pression de l'eau de la chaudière, d'une manière automatique. Il est, en outre, bon d'indiquer que les sabots sont disposés de façon à saisir les boudins des roues, et la transmission du frein agit d'une manière tout à fait directe.

Viennent ensuite les freins dits à *contre-vapeur* et qui se rencontrent sur presque toutes les machines; il ne nous semble pas nécessaire de décrire les dispositions diverses qui ont été imaginées par les constructeurs et adoptées par les Compagnies. Nous devons, à côté des freins à contre-vapeur, rappeler le frein à air comprimé de M. Riggenbach.

Nous avons également constaté sur plusieurs des locomotives exposées, l'application des freins dits *continus*, sur lesquels nous devons

nous étendre plus longuement, en raison même de l'importance que la question présente au point de vue non seulement de la s curité publique, mais encore de la capacité même de rendement d'une ligne donnée. En ce qui concerne les lignes de montagnes, l'application de ces freins a rendu des services considérables, et il est permis de supposer que leur emploi finira par s'imposer dans l'exploitation des chemins de fer.

Deux systèmes principaux de freins continus sont en présence, savoir :

1° Le frein pneumatique ou à vide ;
2° Le frein à compression d'air ou de Westinghouse.

Frein pneumatique. — M. Banderali, ingénieur au service central du chemin de fer du Nord français, a fait à la Société, il y a quelques mois, une communication très intéressante sur le frein à vide, ce qui nous dispensera de rentrer ici dans de longs développements. Nous rappellerons simplement que les appareils du frein à vide Smith, employé par cette Compagnie, se composent :

1° D'une valve à vapeur ;
2° D'un éjecteur ;
3° D'une valve de rentrée d'air ;
4° D'un indicateur du vide ;
5° De sacs compressibles en caoutchouc ;
6° D'une conduite générale s'étendant sur toute la longueur du train et reliant les sacs compressibles à l'éjecteur.

L'éjecteur est fondé sur un principe analogue à celui de l'injecteur Giffard. La vapeur, s'échappant par un orifice annulaire, entraîne l'air compris dans la tuyère centrale qui est en communication avec la conduite générale et les sacs compressibles placés sous les véhicules. Lorsque le vide se propage dans le sac, la pression atmosphérique, s'exerçant sur le plateau mobile, tend à le rapprocher du plateau fixe en produisant un mouvement de soufflet ; dans ce mouvement le fond mobile tire sur le levier moteur et applique le frein ; pour desserrer, il n'y a qu'à ouvrir la valve de rentrée d'air.

Les sacs compressibles adoptés par la Compagnie du Nord, sont formés de cylindres en caoutchouc armés à l'intérieur de cercles en fer pour éviter l'aplatissement latéral.

Nous ajouterons que de nombreuses expériences ont été faites par cette Compagnie sur le frein pneumatique en modifiant la forme des éjecteurs ; on a pu constater que, par le fait de légères modifications, de grandes différences étaient constatées dans le rendement. Il résulte de ces études que le choix d'un appareil répondant à des conditions fixées d'avance est toujours possible, et nous les signalerons à l'attention de nos collègues.

Frein pneumatique Hardy. — Sur les lignes de chemin de fer du Sud de l'Autriche on fait usage du frein pneumatique Hardy, dans lequel les sacs compressibles en caoutchouc du frein Smith, sont remplacés par des cuvettes métalliques laissant entre elles un libre jeu à un diaphragme en cuir, qui s'approche du fond concave de la cuvette où se produit le vide. C'est au centre de ce diaphragme armé en ce point de plateaux en tôle mince, que se trouve fixée la tige qui agit directement sur le levier de l'arbre du frein.

La seule remarque à faire est relative à la tige de manœuvre de la prise de vapeur pour l'éjecteur; cette tige se termine, en effet, par une partie filetée entrant dans un écrou à poignée. Cette poignée, qui sert à la manœuvre, permet, soit d'ouvrir rapidement la soupape de prise de vapeur en tirant, soit de l'ouvrir peu à peu à la descente des pentes de déclivités variables en la tournant.

Cette disposition, adoptée pour les machines de montagne se trouve remplacée, pour les machines des sections ordinaires, par une manœuvre à levier mobile sur un secteur dont les crans correspondent à l'ouverture qu'on veut donner à la valve.

Les résultats obtenus sur les lignes de cette Compagnie, qui présentent des sections entières avec rampes de 25 $^{m}/_{m}$, ont été très satisfaisants et le frein Hardy a été adopté d'une manière générale.

Frein Westinghouse. — Le frein automatique Westinghouse est continu sur toute la longueur du train; il est actionné par de l'air comprimé dans un *réservoir principal* porté par la locomotive, et emmagasiné dans une série de *petits réservoirs auxiliaires* dont un est installé sur la locomotive, un sur le tender et un sur chacune des voitures. Tous ces réservoirs sont mis en communication par un tuyau appelé *conduite générale* régnant sur toute la longueur du train. Chaque véhicule porte un organe désigné sous le nom de triple valve

et un *cylindre à freins* dont les pistons sont reliés aux leviers des freins proprements dits.

Tant que la pression est maintenue dans la conduite générale les freins sont desserrés, mais si l'air de cette conduite vient à s'échapper par suite d'une circonstance accidentelle ou intentionnelle, la diminution de pression qui en résulte provoque aussitôt le jeu des organes de distribution, et les freins sont instantanément appliqués par suite du passage de l'air des petits réservoirs dans les cylindres à freins. Voici comment on fait la manœuvre.

Le mécanicien met en marche la pompe à air, pour charger le réservoir principal et le réservoir auxiliaire de la locomotive et du tender à une pression d'environ cinq atmosphères. Les boyaux d'accouplement en caoutchouc sont tous assemblés entre les voitures, et tous les robinets sur la conduite principale des freins sont ouverts, sauf le dernier à l'arrière du train.

Lorsque la locomotive est attelée au train, l'air comprimé est admis dans la conduite générale ainsi que dans les réservoirs des voitures et une pression uniforme s'établit ainsi dans la conduite générale, les triples valves, les petits réservoirs et dans le réservoir principal.

Pour serrer les freins, le mécanicien ou le garde ouvre son robinet ou soupape et laisse échapper l'air de la conduite principale. La réduction de pression qui s'opère par là dans cette conduite, fait aussitôt fonctionner les triples valves, et une partie de l'air emmagasiné dans les petits réservoirs passe dans les cylindres à freins. Par suite, les pistons sont repoussés et les freins se serrent.

Pour serrer à fond les freins, il suffit de réduire seulement de 20 pour 100 la pression dans la conduite générale. Pour les desserrer, on établit de nouveau, par le jeu du robinet, la communication entre le grand réservoir et la conduite générale, ce qui rétablit la pression dans cette conduite et recharge les petits réservoirs; en même temps, l'air s'échappe des cylindres et les sabots des freins ne sont plus soumis à aucune pression. Les organes sont tellement disposés, que toute défectuosité est signalée *automatiquement* au mécanicien ou aux agents du train, par le fonctionnement même des freins. Il est ensuite facile de découvrir l'imperfection et d'y remédier.

Les deux systèmes que nous venons d'indiquer sont employés en France, et ils ont chacun de nombreux partisans et adversaires; il faut

donc que l'expérience se continue pendant un temps prolongé pour qu'on puisse se prononcer d'une manière définitive, la grosse question étant celle de l'*entretien* qui ne peut être jugée en quelques mois.

Nous ajouterons que, lorsque l'on veut apprécier la valeur pratique des différents systèmes de freins continus, il ne suffit pas seulement de tenir compte de la distance et du temps nécessaire pour arrêter un train lancé à une certaine vitesse, on doit encore considérer les phases intermédiaires pour se rendre compte de la capacité de la mise en action et de la puissance dès le début, qui sont des facteurs très importants de tout arrêt, c'est-à-dire que le meilleur des deux freins, toutes choses égales d'ailleurs, sera celui qui détruira le plus rapidement la force vive et réduira le plus tôt la vitesse à un taux peu dangereux, sans qu'il faille nécessairement faire entrer en ligne de compte la distance parcourue, ni le temps nécessaire pour atteindre l'arrêt complet.

Le frein pneumatique était disposé sur les locomotives des Compagnies du Nord et du Sud de l'Autriche; sur la première nous rappelons la disposition imaginée par MM. Delebecque et Banderali, assurant le fonctionnement automatique du frein lorsque la machine passe devant un disque tourné à l'arrêt.

Le frein Westinghouse se trouvait sur deux machines, celle des chemins de fer de l'État belge, à 10 roues, et celle de la Compagnie de Londres à Brighton.

Appareils spéciaux.

Pour terminer ce rapport, nous avons à indiquer un véhicule particulier et quelques appareils spéciaux qui se rattachent plus spécialement aux locomotives que nous venons d'étudier; nous ne saurions en donner une description complète, qui nous entraînerait beaucoup plus loin que ne le permettent les limites du présent rapport; nous nous bornerons à une simple énumération des appareils en

donnant le programme que se sont imposé les inventeurs; nous renvoyons aux pièces annexes du présent rapport ceux de nos collègues qui désireraient les étudier d'une manière plus complète et plus détaillée.

Wagon dynamomètre de la Compagnie de l'Est. — En première ligne vient le *wagon d'expériences* exposé par la Compagnie de l'Est.

Ce wagon et les appareils qu'il renferme ont été construits dans le but de procéder non seulement à l'étude des résistances que l'on a à vaincre pour la traction des trains dans les différentes circonstances de leur mouvement ou qu'il faut créer pour en produire l'arrêt, mais encore à l'examen des phénomènes divers qui se passent pendant le même temps sur la locomotive qui est en tête du train.

On s'est proposé l'étude des questions suivantes :

1° Mesure des efforts de poussée et de traction, au moyen de ressorts dynamométriques;

2° Mesure du travail de la vapeur sur les pistons.

Nous ne saurions donner une description détaillée des appareils ingénieux qui ont été construits pour répondre au programme que nous venons de rappeler ci-dessus; nous indiquerons simplement que les études en ont été faites sous la direction de M. Regray, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie, avec la collaboration de MM. Marcel Deprez, géomètre, Gerhardt et Flaman, ingénieurs de la Compagnie, Napoli et Barbey.

Quelques expériences avaient été faites avant l'Exposition, mais elles n'étaient que les préliminaires d'une série plus importante d'essais qui doivent être entrepris et qui apporteront sans doute des renseignements précieux pour ce qui concerne l'établissement des locomotives.

Contrôleur de la marche des trains. — L'appareil exposé par la Compagnie du Nord français, sous le nom de Contrôleur de la marche des trains, système *Brunot*, permet un contrôle *automatique* des mouvements divers exécutés par la machine ou par le train qui le porte. Il inscrit le moment, la durée des arrêts, et, jusqu'à un certain point, les diverses phases des trajets effectués.

Le principe très simple de l'appareil est que la trépidation du train en marche, jointe à l'oscillation d'un pendule, fait mouvoir un crayon ou

style mobile qui trace un trait sur un cadran en papier ou carton, déroulé par un mouvement d'horlogerie.

Le contrôleur Brunot est en essai depuis 1872 sur le chemin de fer du Nord et en usage régulier depuis 1876.

Tachymètre électrique. — La même Compagnie a exposé un tachymètre imaginé par MM. Delebecque et Banderali, ingénieurs, et construit par M. Bréguet.

Cet appareil a pour but la détermination exacte de la vitesse moyenne d'un train en marche entre deux points donnés, obtenue automatiquement et directement, c'est-à-dire sans l'intermédiaire d'aucun mécanisme de transmission mis en mouvement par les organes du train. L'appareil enregistre le temps exact mis à franchir la distance rectiligne ou courbe, parcourue sur la voie par le train ou par la machine qui porte l'appareil.

Sifflet électro-automoteur. — Nous ne rappellerons que pour mémoire, le sifflet électro-automoteur de MM. Lartigue, Forest et Digney, en usage sur les machines de la Compagnie du Nord; une communication sur ce sujet a été faite à la Société, et nous n'avons qu'à renvoyer à nos publications. (Voir *Annales de la Société des Ingénieurs civils*, 18 mai 1877.)

Compagnie du Nord. — Nouveaux appareils destinés à l'armement des wagons de secours. — Ces appareils ont été construits dans les ateliers de la Compagnie sous la direction de M. Ferdinand Mathias, ingénieur de la traction. Ils simplifient et abrègent le travail du relevage des machines déraillées, et suppriment tout danger pour les hommes chargés de la manœuvre.

L'ensemble se compose, par wagon de secours, de quatre vérins à manivelle avec des supports de formes diverses pour les mettre en prise, de deux poutres pour lever et riper, de deux crics de ripage et de deux poulains modifiés. (Voir la description des objets exposés par la Compagnie du Nord, page 65 et suivantes.)

Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée. — Appareil respiratoire du système Galibert. — Les machines à huit roues accouplées ont été munies d'un appareil respiratoire, pour faire dispa-

raître les malaises éprouvés par les mécaniciens au passage des souterrains nombreux de la ligne d'Alais à la Bastide.

Cet appareil se compose d'une caisse en tôle placée au-dessus de la plate-forme du mécanicien et formant abri, divisée en deux compartiments d'une contenance de 230 litres chacun.

Le mécanicien et le chauffeur ont chacun leur compartiment spécial dont ils respirent l'air au moyen d'un tube en caoutchouc garni, à son extrémité, d'une embouchure en caoutchouc durci.

Chacun de ces agents, pendant le passage du souterrain, prend dans la bouche l'embouchure en caoutchouc, aspire dans la caisse l'air nécessaire à la respiration et y renvoie les produits de l'expiration; un pince-nez empêche de respirer par le nez.

Le renouvellement de l'air contenu dans la caisse se fait, avant l'entrée des souterrains, au moyen d'un aspirateur Giffard communiquant avec les deux compartiments au moyen de tuyaux.

Compagnie de l'Ouest. — Machine à essayer les bandages montés. — La machine exposée par la Compagnie et dont le principe est l'action du choc sur les bandages, a été décrite avec les plus complets développements dans une des séances de la Société, et la note y relative a été insérée *in extenso* dans le *Bulletin*, auquel nous devons nécessairement renvoyer. (Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, juillet et août 1878, page 615 et suivantes.)

Appareils indicateurs de la vitesse des trains de chemins de fer. — Dans la section Belge, nous rencontrons les appareils suivants, imaginés par M. P. Le Boulengé, major d'artillerie :

1° Le Dromoscope;
2° Le Dromo-pétard;
3° Le Dromomètre.

1° *Le Dromoscope* indique au machiniste la vitesse avec laquelle il arrive au point dangereux, et cela à une distance suffisante de ce point pour qu'il ait encore le temps d'arrêter, si c'est nécessaire.

Cet appareil est le plus intéressant de tous, et nous croyons devoir en donner une description succincte :

Un disque vertical portant un index est sollicité à tourner par un poids moteur; mais il en est empêché par le contact d'un levier, lequel,

au moyen d'un fil de fer, est mis en relation avec un déclic établi contre le rail à 150 mètres de l'appareil.

Lorsque la première roue du train arrive au déclic, elle déclenche le levier, et le disque se met en mouvement; à 50 mètres plus loin, la roue touche un second déclic qui agit sur un autre levier, lequel arrête le disque. L'arc parcouru par l'index est proportionnel à la vitesse que possède le train pendant qu'il franchit l'intervalle entre les déclics.

2° Le *Dromo-pétard* fait éclater un pétard sur la voie, dans le cas où, malgré l'avertissement du dromoscope, la locomotive franchit le point dangereux avec une vitesse trop grande.

3° Le *Dromomètre*, appareil de poche, permet au machiniste et au chef-garde de se rendre compte de la vitesse du train.

Tous ces appareils sont à l'essai depuis 1878, sur les lignes de l'État belge et du Grand-Central belge; ils ont également fonctionné pendant l'Exposition, au passage à niveau de la rue des Usines, sur la voie ferrée qui relie le chemin de fer de Ceinture au Champ de Mars.

Machines locomotives du système Meyer. — Plusieurs dessins à grande échelle représentent une locomotive du système bien connu, à deux trucs articulés, de MM. J.-J. et Ad. Meyer, construites par la maison Cail, pour les chemin des fer de l'Hérault. Ces lignes d'intérêt local ont été faites sur le type-limite à voie normale, c'est-à-dire que le poids de leurs rails, étant de 25 kilogrammes, est juste suffisant pour admettre les wagons ordinaires; le poids par essieu de machine est donc limité à 9 ou 10 tonnes. En outre, le chemin présente quelques courbes de 200 mètres de rayon, et des pentes de 25 millimètres par mètre. La situation de la ligne, dans un pays vignoble, occasionne à certains moments un trafic assez considérable pour justifier l'emploi de machines puissantes. C'est pour remplir ces conditions que la Compagnie de l'Hérault a fait construire deux locomotives à quatre cylindres et à douze roues, du système Meyer, qui sont en service depuis octobre 1874, et ont parcouru sans interruption l'une 94,750 kilomètres et l'autre 82,555 kilomètres, ensemble 174,305 kilomètres, jusqu'au 31 mars dernier. Leur poids à vide est de 38t,600, leur poids en charge s'élève à 50t,260 y compris 2,600 kil. de combustible et 5,340 litres d'eau dans les soutes.

Les dimensions principales sont les suivantes : Cylindres de $0^m,350$ de diamètre et de 0,550 de course. Diamètre des roues motrices, $1^m,200$; écartement des essieux extrêmes de chaque groupe, $2^m,640$, et distance entre les essieux extrêmes de la machine, 8,750.

La chaudière, d'un diamètre de 1,250 et timbrée à 9 kil., comporte 164 tubes d'un diamètre de $0^m,0445$ et d'une longueur de $4^m,750$. Surface des tubes, $111^{m^2},70$; surface du foyer, $8^{m^2},70$; surface de grille, $2^{m^2},11$. Les tuyaux d'échappement et de prise de vapeur sont terminés par des boîtes à garnitures élastiques pour se prêter aux déplacements relatifs de la chaudière et des trucs.

Modèle Ed. Roy. — Pour terminer ce rapport, nous signalerons le modèle au dixième d'une machine à quatre essieux accouplés et un essieu porteur, étudiée par M. Edmond Roy. Cette machine, bien qu'ayant une certaine puissance, est susceptible de passer dans des courbes de petit rayon. Le tender fait partie de la machine, mais il peut en être séparé facilement; les boîtes de l'essieu porteur sont à glissières obliques, système proposé par M. Roy, dès 1856. (Voir *Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils*, deuxième trimestre, 1857.) Le foyer est muni d'un appareil carbonisateur et d'un écran tubulaire pour obtenir la combustion sans fumée des charbons tout-venant[1].

Modèles divers. — Nous mentionnerons pour mémoire le modèle d'une locomotive du système Fell, et deux ou trois autres modèles de locomotive. Ces objets n'étaient d'ailleurs exposés qu'au point de vue de l'exécution et nullement à celui du système des machines qu'ils représentaient.

Nous donnons, à la suite du présent rapport, la nomenclature des documents qui composent le dossier de la section; cette nomenclature pourra être utile à ceux de nos collègues qui auraient à étudier certaines questions plus complètement que nous ne pouvions le faire dans un travail de cette nature.

1. M. Ed. Roy a donné sur ce modèle quelques renseignements insérés au Compte rendu de la séance du 21 février 1879.

NOMENCLATURE

DES

PIÈCES RÉUNIES PAR LA SECTION CHARGÉE

DE

L'ÉTUDE DES LOCOMOTIVES

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

I

EXPOSANTS FRANÇAIS

N° 1. — Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

A. Locomotive à grande vitesse, n° 55.
Tableau des dimensions principales et poids.
Notice sur la locomotive.
Autographie de la locomotive.
Notice sur le tender.
Croquis du tender.

B. Locomotive à huit roues accouplées, n° 4,060.
Tableau des dimensions principales et poids, avec notice.
Autographie de la locomotive.
Croquis de l'appareil respiratoire.

C. Locomotive à six roues accouplées, n° 2,333.
Tableau des dimensions principales et poids, avec notice.
Autographie de la locomotive.

O[1] Pièces de détail exécutées dans les ateliers de la Compagnie.

1. Les dossiers intermédiaires concernent les voitures et wagons.

N° 2. — Compagnie des chemins de fer du Midi.

Notice sur les appareils exposés par le service du matériel et de la traction.
Locomotive et tender à grande vitesse, n° 51.
Dimensions principales et diagramme.

N° 3. — Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Notice sur les appareils exposés par le service du matériel et de la traction.
Notice sur le wagon d'expériences.
Huit héliographies de la machine à grande vitesse.
Six héliographies du tender.

N° 4. — Compagnie du chemin de fer d'Orléans

Autographies de la locomotive à grande vitesse n° 308, du tender de 10 mètres cubes n° 3 et de la locomotive à 8 roues couplées n° 1170.
Une notice sur l'emploi du bronze phosphoré.

N° 5. — Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

Notice sur les objets exposés par la Compagnie.
Note sur le mode d'essai des bandages par le choc.
d° sur les machines, voitures et wagons exposés par divers établissements de construction.
Trois dessins autographiés de la locomotive à grande vitesse.
Deux dessins autographiés de la locomotive à six roues couplées.
Un dessin de la machine-pilote.

N° 6. — Compagnie du chemin de fer du Nord.

Notice sur les objets exposés par la Compagnie.
Dix héliographies relatives à la machine à grande vitesse.
Une héliographie relative à la machine de manœuvre.

N° 7. — Schneider et C^ie^, au Creuzot.

Notice sur la machine du chemin de fer des Dombes.

Héliographies de cette machine.

d° de la locomotive à air comprimé du St.-Gothard.

d° de la chaudière en acier pour locomotive-tender à six roues couplées, du chemin de fer privé de l'usine.

N° 8. — Compagnie de Fives-Lille.

Notice sur les locomotives exposées.

Une héliographie de la machine-pilote de l'Ouest.

Deux d° de la machine à voie de 1 mètre, pour le Brésil.

N° 9. — Société de construction des Batignolles.

Notice sur la locomotive à 6 roues couplées, pour voie de 1 mètre.

Note sur les dimensions et poids de cette machine.

N° 10. — Société Cail et C^ie^.

Notice sur les objets exposés par la maison.

Un calque de la machine de gare de la Compagnie d'Orléans.

d° de la machine à six roues couplées, pour voie de 1 mètre.

d° de la machine à quatre roues couplées, pour voie de 0^m^.80.

d° de la machine à quatre roues couplées, pour voie de 0^m^.60.

d° de la machine sans foyer.

d° de la machine à traction mixte, système Larmanjat.

d° de la locomotive routière.

N° 11. — A. Mallet.

Notice sur sa machine-tender à six roues couplées et fonctionnement Compound, type du chemin de fer de Bayonne, Anglet, Biarritz.

Deux dessins gravés de cette machine.

Études sur les locomotives à l'Exposition universelle de 1878.

N° 12. — Ad. Meyer.

Notice sur les locomotives à deux trains attelés de six roues couplées chacune, du chemin de fer de l'Hérault.

Une photographie de ces machines.

N° 13. — Ed. Roy.

Notice sur sa machine à huit roues couplées, pour voie de 1 mètre.

Héliographie de cette machine.

N° 14. — Corpet et Bourdon [1].

Note sur une petite locomotive à deux essieux accouplés, pour voie de 0m.50.

Dessin autographié de cette machine.

N° 15. — Société centrale de construction de machines de Pantin.

Note sur la locomotive de tramway exposée.

N° 16. — Société anonyme de traction mécanique de Aulnoye-Berlaimont.

Notice et dessins autographiés de la locomotive de tramway exposée.

N° 17. — Société des moteurs à air comprimé, système Mékarski.

Brochures relatives aux appareils exposés, savoir :

1° La voiture automobile ;

2° Le remorqueur pour tramway ;

3° La locomotive de mines.

N° 18. — Compagnie des locomotives sans foyer, système Lamm et Franck.

Dix notices et brochures sur la locomotive sans foyer.

Une photographie d°

Un dessin d°

N° 19. — Perreaux.

Note sur le tricycle et le vélocipède à vapeur, exposés par l'inventeur.

N° 20. — Comité d'admission de la classe 64.

Tableau autographié des dimensions principales des locomotives et tenders exposés.

1. Les dessins et notices relatifs aux machines système Brown, sont mentionnés dans la nation suisse.

II

EXPOSANTS ÉTRANGERS

A. — BELGIQUE.

N° 1. — Chemin de fer de l'État belge.

Huit héliographies de la machine à marchandises à trois essieux couplés.

N° 2. — Compagnie belge de matériel de chemin de fer. (Ch. Evrard, directeur).

Notice sur les objets exposés (machine-tender à cinq essieux et voiture à vapeur, système Belpaire, construite pour l'État belge).

N° 3. — Société anonyme de Marcinelle et Couillet.

Notice sur la locomotive-tender à deux essieux couplés du Grand-Central belge).

Quatre dessins autographiés de la même machine.

Six photographies de petites locomotives.

N° 4. — Société John Cockerill, à Seraing.

Notice sur la locomotive à huit roues couplées du chemin de fer de Séville-Mérida (Espagne).

Trois calques de cette machine.

N° 5. — Société de Saint-Léonard, à Liége.

Quatre brochures sur les locomotives de tramway, système Vaessen.

Trois photographies de ces machines.

N° 6. — Major Le Boulangé, à Liége.

Notice sur les appareils indicateurs de la vitesse des trains de chemins de fer.

B. — SUISSE.

N° 1. — Riggenbach, à Aarau.

Notice sur les ateliers de construction d'Aarau, pour le matériel des chemins de fer à fortes rampes.
Une brochure en allemand sur le même sujet.
Deux héliographies de machines à crémaillère.
Zahnrad-Bahnen (les chemins de fer à crémaillère). Notice en allemand avec planches, par M. Abt.

N° 2. — Société suisse de construction de locomotives et de machines, à Winterthur.

Note descriptive des machines exposées.
Une autographie de la machine de tramway.
Une héliographie d°
Un dessin autographié de la locomotive-grue.
Une héliographie de la machine à quatre roues accouplées.
Une héliographie des machines doubles à six roues couplées chacune.
Une héliographie de la machine de montagne, à six roues couplées.
Un dessin de l'épure de distribution.

N° 3. — Compagnie du Nord-Est Suisse (Non exposant).

Album des locomotives et voitures de la Compagnie.

C. — AUTRICHE.

N° 1. — Compagnie des chemins de fer du Sud de l'Autriche.

Douze photographies de locomotives.
Une notice avec Atlas sur la colonie ouvrière de Marburg.

N° 2. — Société I.-R.-P. des chemins de fer de l'Etat.

Une notice avec dessins sur les objets exposés.
Un Album des types de locomotives exécutées dans les ateliers de la Compagnie depuis l'origine.

N° 3. — Chemin de fer du Nord, Empereur-Ferdinand.

Deux notices sur les objets exposés par la Compagnie.
Douze brochures relatives au même sujet.

N° 4. — Direction I. et R. pour la construction des chemins de fer de l'État.

Deux dessins autographiés de la locomotive-tender à six roues couplées exposée.

N° 5. — Ateliers de construction des chemins de fer de l'État Hongrois, à Buda-Pesth (Fréd. Zimmermann, directeur).

Notice avec dessins sur la locomotive à six roues couplées exposée.

D. — SUÈDE.

Chemins de fer de l'État de Suède.

Deux dessins autographiés de la locomotive à quatre roues couplées exposée.

E. — ITALIE.

Société des chemins de fer de la Haute-Italie.

Un dessin photographié de la locomotive exposée.

F. — ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

Compagnie du Philadelphia and Reading-Railroad.

Un dessin autographié de la locomotive exposée.
Une description avec dimensions principales.

G. — ANGLETERRE.

N° 1. — Sharp-Stewart et C^ie^, Manchester.

Note sur la locomotive exposée[1].
Relevé des dimensions principales.
Dessin d'ensemble de cette machine tiré du journal *Engineering*.

1. La note sur la machine Sharp, due à l'obligeance de M. Chapman, contient à la suite une note sur la locomotive suédoise, à voie de $0^m,90$, de MM. Nidqvist et Holm, sur laquelle nous n'avons pas pu avoir de document spécial.

N° 2. — Compagnie de London-Brighton and South coast Railway.

Note sur la machine exposée.
Profil de la ligne desservie.

N° 3. — Fox et Walker, à Bristol.

Note avec dessin sur la machine exposée.
Note et dessin sur une machine avec application du système Handyside, pour la remonte des plans inclinés.

N° 4. — Fairlie, à Londres.

Cinq brochures ou notices sur le système Fairlie.
Un calque de la machine exposée.

N° 5. — Black, Hawthorn, à Gateshead (Newcastle).

Notice sur la petite locomotive exposée.

N° 6. — Hughes, à Loughborough.

Notice sur la locomotive de tramway exposée.

N° 7. — Compagnie du frein continu à air comprimé. Westinghouse.

Dix notices, brochures et atlas sur le frein Westinghouse.

N° 8. — Société du frein à vide (the Vacuum Brake Company).

Quatre brochures sur le frein à vide.
Quatre dessins d°

NOTICE

SUR LES

PRINCIPAUX TRAVAUX DE

FONDATIONS D'OUVRAGES D'ART

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

PAR M. HERSENT.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les travaux de fondation sont, sans contredit, dans les grandes constructions de notre époque, la partie la plus importante et, souvent aussi, la plus difficile à exécuter, sans qu'il en reste de trace après.

L'emplacement des ouvrages ordinaires, comme des maisons, des gares de chemin de fer, etc..., ou des grands ouvrages comme des palais, des ponts, des viaducs ou des écluses est souvent déterminé par des considérations générales de situation ou de tracé, qui obligent les constructeurs à consolider le sol, quoi qu'il arrive, ou même, en certains cas, à faire un sol artificiel pour permettre l'édification de leurs constructions, ou enfin à traverser les couches insuffisamment résistantes pour aller reposer la base des édifices à une profondeur parfois assez considérable.

Outre l'insuffisance de résistance du sol, la présence de l'eau, qui se révèle dès qu'on fouille à une certaine profondeur, présente aussi de graves inconvénients. Cela arrive le plus souvent pour les ouvrages destinés à franchir les rivières.

Depuis quarante ans, l'immense quantité de grands travaux exécutés dans tous les pays pour la construction des chemins de fer, des routes et des ponts, a donné lieu à la solution de bien des problèmes :

l'emploi de l'air comprimé et des caissons métalliques est assurément de la plus haute importance, et, dès qu'il s'élève quelque difficulté, c'est le moyen auquel on a recours le plus généralement.

On fait encore beaucoup de fondations sur béton dans une enceinte de pieux et palplanches (quais de Boulogne, etc...).

On en fait même sur béton dans un simple coffrage; dans ce cas, la base est d'ordinaire plus grande, et une petite murette sur les bords supérieurs permet de poser le socle un peu au-dessous du plan d'eau (Pont-au-Change, pont des Andelys, etc.).

On fait aussi des fondations dans une enceinte de pieux et palplanches, au milieu de laquelle on a fiché des pieux pour transmettre la charge supérieure à un sol plus résistant, et on couvre la tête des pieux avec du béton (culées du pont d'Argenteuil, écluse de chasse à Honfleur).

On fait encore l'ancienne fondation sur pilotis composée de pieux battus à un refus plus ou moins absolu, sur lesquels on pose un grillage de chapeaux et liernes qui servent de point d'appui aux maçonneries (culées du pont de Saint-Aubin, près Elbeuf, etc.).

Pour les ouvrages de petite et de moyenne dimensions sur des terrains ordinaires, on se contente le plus souvent de faire une couche de béton offrant une base plus grande que celle de la construction à élever pour intéresser une plus grande surface du sol à la résistance.

Dans d'autres circonstances, comme à la gare de Vaise-Lyon, par exemple, on a construit sur une couche uniforme de gravier de 8 à 10 mètres d'épaisseur recouvrant un marais, en prenant la seule précaution d'élargir la base du béton sur lequel reposent toutes les constructions.

On a fondé beaucoup de bâtiments et même des ponts sur des puits foncés dans des terrains peu résistants; ces puits sont remplis de béton après leur enfoncement (gare d'Argenteuil, église du Sacré-Cœur, à Montmartre, pont sur la Tet à Rivesaltes).

Enfin, depuis quelque temps, on a fait des fondations très importantes à Bordeaux, à Saint-Nazaire, au Havre, au moyen de puits en maçonnerie descendus par havage à la main et épuisement, ou dragage intérieur.

Les pieux métalliques à vis sont aussi quelquefois utilisés pour traverser des terrains peu résistants et faire reposer la base sur un sol plus homogène, qui permette d'asseoir solidement les constructions à

élever; mais l'oxydation du métal et le prix de revient, sont sans doute les motifs qui n'ont pas encore permis de les employer à la place des pilots en bois : cette façon de fonder ne s'est pas généralisée et nous ne l'avons pas remarquée à l'Exposition.

Nous essaierons de réunir par catégories les principaux ouvrages que renfermait l'Exposition universelle de 1878, en indiquant le mode de fondation employé, pour les examiner séparément.

1° Fondations sur pilotis avec platelage, ou dans enceinte, ou la tête des pilots engagée dans le béton.

FRANCE.

Quais de Rouen.

ÉTRANGER.

Ponts et écluses en Hollande.

2° Fondations sur béton coulé dans une enceinte de pieux et palplanches ou en caissons.

FRANCE. — MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Pont de Mantes, sur la Seine.
Pont de Port-Boulet, sur la Loire.
Pont de Lannes, sur l'Adour.
Ecluse à sas d'entrée du bassin de l'Ouest, à Dunkerque.
Digue Saint-Jean, au Havre.
Pont de Port-Sainte-Marie, sur la Garonne.
Viaduc de l'Ain.
Viaduc de Montrond.
Pont des Andelys.

ÉTRANGER.

Pont tournant de Welzen (Hollande).

3° Fondations sur puits havés ou dragués.

FRANCE.

Bassin à flot de Bordeaux.
Amélioration du port du Havre.
Bassin de Penhouët, à Saint-Nazaire.

ÉTRANGER.

Pont de Portigliola (Italie).
Pont sur l'Hudson à Poughkeepsie (États-Unis).

4° Fondations au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé.

FRANCE.

Pont de Collonges, sur le Rhône.
Viaduc du Credo, sur le Rhône.
Arrière-radier de l'écluse de chasse, à Honfleur.
Bassin de radoub de Toulon.
Quai de l'Artillerie, à Brest.
Pont de Ranville.

ÉTRANGER.

Pont Albert, à Dresde.
Travaux en Danemark.
Travaux d'Anvers.
Pont sur le Moerdyck, en Hollande.
Pont sur la Meuse, à Rotterdam.
Pont sur le Hollandsch Diep, en Hollande.
Pont de Saint-Louis (Amérique).
Pont de Brooklyn (Amérique).
Pont de Castigeon (Espagne).
Pont de Vianna (Espagne).

5° Ouvrages à la mer.

FRANCE.

Port de Marseille.
Port de Philippeville.
Phare d'Ar-men.

ÉTRANGER.

Entrée de la nouvelle Meuse, au Hoek van Holland.
Port de Harlingue.
Port de Trieste.

6° Moyens de travailler sous l'eau.

FRANCE.

Scaphandres, etc.
Cloche avec bateau de la Seine.
Cloche à dérochement pour Brest.

ÉTRANGER.

Scaphandres anglais.
Cloche à télescope de la section Hongroise.
Cloche dite « taupe sous-marine » de la section Italienne.

L'énoncé des divers modes de fondations employés fait naturellement ressortir qu'il n'y a point de procédé absolu pour l'exécution des fondations des grands ouvrages et que tout, au contraire, dépend de la nature du sol et de l'importance des constructions à élever.

Si ceci est vrai pour les ouvrages de terre, ce ne l'est pas moins pour les ouvrages à la mer.

Ainsi, les blocs qui forment la défense des ports de Brest et de Marseille sont moins gros et en bien moindre quantité que ceux qui ont été indispensables à la digue de Cherbourg ; de même, il n'y a point de rapport entre les divers ports de la côte d'Algérie qui sont tous créés au moyen d'une emprise sur la mer par des jetées : les ports d'Oran et de Bone sont relativement solides avec des matériaux moyens, quand celui d'Alger l'est moins avec de plus gros matériaux, et celui de Philippeville exige non seulement de gros matériaux, mais surtout une plus grande quantité pour résister à des coups de mer d'une violence inconnue ailleurs.

Les ports de la mer du Nord ont dû être construits avec des ouvrages préliminaires de fascinages recouverts d'enrochements de petite dimension et de pilots à claire-voie, dont le talus est protégé par des blocs artificiels de moyenne grandeur, le tout ayant une large base et une certaine élasticité, comme le sol qui vient d'émerger des eaux.

Pour arrêter la disposition des fondations d'un ouvrage, la prudence conseille de faire le sondage du sol à l'avance, pour qu'il soit possible de l'apprécier ; c'est une petite dépense qui permettra de mieux choisir le système de fondation à employer.

I

FONDATIONS SUR PILOTS.

L'usage des pilots remonte fort loin ; nous n'essaierons pas d'entrer dans les théories de résistance des pilots, qui sont connues depuis bien longtemps. Nous constaterons une fois de plus que, dans beaucoup de cas, leur emploi est ce qu'il y a de plus simple et de plus économique, soit pour supporter les constructions en transmettant à un terrain plus solide les charges que la partie supérieure du sol ne saurait porter, soit pour entourer les massifs de béton de fondation.

Pour l'ingénieur, qui veut se servir de pilots, l'important est de les enfoncer avec économie et solidité, et, au besoin, de pouvoir les couper sous l'eau.

L'enfoncement des pieux s'opère généralement en frappant sur la tête avec un marteau proportionné à la grandeur du pilot et à son volume, parce que, plus il a de grosseur, plus il absorbe du choc qu'il reçoit sur la tête.

Pour cette opération, chaque nation se sert d'engins quelque peu différents, mais dont la construction permet toujours de lever un mouton, d'ordinaire en fonte, qu'on laisse ensuite retomber sur la tête du pilot.

L'Exposition renfermait peu de modèles de ces engins ; pourtant la sonnette de M. Lacour mérite d'être signalée : elle se compose d'un trépied à jumelles verticales comme le type le plus ordinaire, et est munie d'un mouton à vapeur formé lui-même, en quelque sorte, du cylindre de vapeur. C'est un diminutif de la machine Naschmith qui fut employée au pont de Tarascon en 1855 et au pont de Kehl en 1859.

La sonnette de M. Lacour doit donner de bons résultats pour l'enfoncement des pilots dans des terrains durs ou composés d'argile compacte, où la fréquence des chocs est importante au point de vue de la vibration et pour un battage très long : le levage du mouton se fait à la main ainsi que celui du pieu, et c'est une erreur, car il importe autant de lever le pieu promptement pour le mettre en fiche, que de le battre rapidement.

Les sonnettes à vapeur qui paraissent, quant à présent, réunir le

plus d'avantages pratiques, sont celles où on peut attaquer un treuil à embrayage à friction qui permet de faire toutes sortes de manutentions et de frapper, suivant les besoins du travail, de petits, de moyens et de grands coups (installations maritimes d'Anvers).

Pour les petits pilots ou palplanches à faire pénétrer dans un sol sableux comme celui du littoral de la Manche ou de la mer du Nord, on commence aussi à employer avec succès l'eau comprimée injectée au moyen d'une lance pour faire un trou dans lequel on enfonce les pilots; ou bien on injecte l'eau au pied du pilot pendant l'enfoncement.

Nous avons remarqué à la section Française les sabots de pieux coniques en tôle de M. Camuzat et d'autres sabots à branches de fer et culot de fonte de M. Defontaine, qui sont d'un bon usage : ces types sont les plus répandus en France.

Pour couper les pieux sous l'eau, on se sert d'engins qui diffèrent suivant l'exactitude qu'on veut obtenir :

La scie plongeante montée sur un chariot supérieur, comme on l'a employée aux quais de Rouen, donne de bons résultats.

Le sciage au moyen d'une simple lame et d'une chaîne attachée au pieu lui-même, permet de couper les pieux au ras du sol.

Le moyen qui nous a semblé le plus expéditif quand on a beaucoup de pieux à couper, consiste à monter une scie circulaire avec l'axe vertical supporté par une sonnette ordinaire sur un bateau, et à descendre la scie au niveau à déraser; en faisant marcher la scie avec une machine, on coupe les pieux avec rapidité et économie.

L'usage des pilots pour la consolidation du sol est relatif à chaque pays : Venise, Amsterdam, Saint-Pétersbourg et bien d'autres villes sont bâties sur pilotis, parce que le sol, d'alluvion récente, manque de solidité.

Il n'est pas rare d'ailleurs de voir dans ces divers pays des constructions dont l'équilibre est dérangé; pourtant on a des données assez certaines d'après lesquelles on proportionne le nombre et la dimension des pilots aux charges projetées de l'édifice.

Les pilots, dans ce cas, n'ont pas d'autre effet que de transmettre par la pointe à un sol, déjà comprimé par les charges supérieures, le poids d'une surcharge calculée.

Dans ces conditions, l'édifice peut même tasser, et il tasse généralement, sans que l'équilibre soit troublé : on emploie d'ailleurs dans ces

constructions un nombre plus grand de tirants de fer, que dans celles qu'on élève sur un sol solide.

Généralement on met des enrochements entre les têtes des pieux et aussi en dehors, pour remplir exactement l'espace, avant de mettre les chapeaux et le platelage, afin d'intéresser toute la surface du sol à la résistance; quelquefois, on remplit l'espace libre entre le sol et la tête des pieux par du béton.

Nouveaux quais du port de Rouen (Pl. I, fig. 5). — Les nouveaux quais du port de Rouen sont construits sur pilotis et présentent cette particularité, qu'on a commencé par nettoyer le fond de la rivière à une profondeur assez grande, pour faire un sol artificiel avec un remblai de matériaux calcaires dans lequel on a battu les pieux pour les faire pénétrer jusqu'à l'assiette du fond du lit, qui, elle-même, est calcaire.

Le mur est composé de trois parties essentielles, outre les pilots :

1° Le mur de rive, dont la partie inférieure est construite dans un caisson étanche dont le fond repose sur les pieux arrasés à un niveau inférieur aux plus basses eaux : ce caisson est comme un bateau en bois; il est posé sur les pilots; le fond reste en place sous la maçonnerie, et on enlève les côtés quand elle est faite.

2° Un contre-mur en arrière, également construit sur pilotis, supportant un platelage au-dessus du niveau des basses eaux, ce contre-mur, fait en pierre sèche, n'a pas d'autre but que d'atténuer les poussées derrière le mur de face.

3° Un massif d'ancrage établi également sur pilotis ou simplement posé sur le sol à 20 mètres en arrière de la face du quai et relié au mur par des ancres et des tirants.

L'estimation de ce mur est de 1960 fr. par mètre courant.

Travaux en Hollande. — La Hollande a exposé de nombreux travaux de très grande importance bâtis sur pilotis : mais la tête des pilots est d'ordinaire engagée dans le béton.

Le travail de M. l'Inspecteur général Ph. Croizette-Desnoyers en fait la plus savante et la plus complète description que je connaisse. Je n'oserais pas la reproduire.

Les plans exposés ainsi que les modèles étaient la description à plus

grande échelle des ouvrages cités et de quelques autres où le principe n'est pas modifié.

Le côté saillant des constructions sur pilots en Hollande est l'absence de refus des pieux et des sabots à la pointe ; on cherche par l'emploi des pieux qui sont généralement longs, à transmettre les charges qu'on veut porter en un point du sol déjà comprimé par la partie supérieure, et, pour cette cause, les pilots sont peu affutés à la pointe et ont même une partie carrée au bout.

II

FONDATIONS SUR BÉTON COULÉ DANS UNE ENCEINTE DE PIEUX ET PALPLANCHES OU EN CAISSON.

Les fondations exécutées au moyen d'une couche de béton coulée dans une enceinte de pieux et palplanches se font généralement pour les ouvrages importants comme ponts ou viaducs ; l'enceinte sert à contenir le béton et à l'isoler du contact immédiat de l'eau ou de la terre, et aussi à pratiquer la fouille assez bas, en soutenant les terrains autour.

Ordinairement, on donne à la couche de béton une surface notablement plus grande que celle des maçonneries à élever au-dessus ; en outre, lorsqu'il s'agit de piles de ponts en rivière, on doit encore protéger les pieux contre les affouillements au moyen d'enrochements extérieurs : il en résulte une grande épaisseur des piles qui diminue de beaucoup la section d'écoulement en temps d'étiage.

Le prix de ces fondations, y compris toutes les dépenses de pieux, batardeaux et autres accessoires, est de 60 à 80 francs environ par mètre cube de béton employé.

Le spécimen exposé est le pont de Mantes, pour sa reconstruction.

Ecluse à sas du bassin de l'Ouest, à Dunkerque. — L'écluse à sas du bassin de l'Ouest, à Dunkerque, dont les dimensions sont très grandes (21 mètres de largeur avec 3 dimensions de sas dont le plus grand formé des deux autres a 129 mètres de long, peut recevoir des navires tirant $6^{m},35$ en moyenne morte eau, et $7^{m},35$ en vive eau), mérite une mention spéciale, surtout à cause des précautions qu'on y

a prises, par suite des accidents qui sont arrivés à certains ouvrages fondés sur le sable.

M. Plocq, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a publié (octobre 1878) dans les *Annales des ponts et chaussées*, une note très intéressante, dans laquelle sont signalés les dangers du cheminement de l'eau sous le béton dans ce sol sableux, perméable et mouvant, et les moyens d'y remédier.

Le moyen qu'indique M. l'ingénieur en chef Plocq, de couler le béton en marchant contre l'eau, est très rationnel; mais peut-on garantir que le béton est lui-même bien soudé au sol, et que la partie inférieure n'est pas précisément composée de cailloux lavés qui forment un drain qui peut se boucher, il est vrai, mais qui peut aussi, à la longue, compromettre les ouvrages.

La composition d'un béton gras est une excellente précaution qui a été prise à l'écluse de Dunkerque.

En outre, après avoir coulé le béton, on a arraché les pieux et palplanches dans le sens de la longueur et on a fait du corroi d'argile contre le béton, pour éviter le cheminement de l'eau contre l'ouvrage : les pieux et palplanches du sens transversal ont été seuls conservés, et sont étayés d'enrochements; à l'aval, on a fait un arrière-radier, pour éviter que les pieux puissent se déchausser sous l'influence de petites chasses qu'on fait souvent par les ventelles des écluses.

Les fondations des piles au moyen de caissons sans fond remplis de béton, sont représentées à l'Exposition par le pont-route des Andelys, sur la Seine, dont la dépense a été minime pour un si grand ouvrage (290,000 francs pour 181 mètres de longueur).

Les culées de l'ancien pont suspendu ont été en partie utilisées dan la construction du nouveau pont en maçonnerie.

III

FONDATIONS SUR PUITS HAVÉS OU DRAGUÉS.

Les fondations au moyen de puits foncés par épuisement ou dragages, ont figuré à l'Exposition pour les murs de quai du bassin à flot et d'une cale sèche à Bordeaux, pour la fondation du quai de l'avant-port élargi au Havre, celle des murs de quai du bassin de Penhouët,

à Saint-Nazaire, et enfin pour la fondation des piles du pont de Poughkeepsie, sur l'Hudson, dans l'Amérique du Nord.

Les puits ne sont autre chose qu'un bloc de maçonnerie, construit sur un grillage de bois assemblé, au milieu duquel on ménage une cheminée qui sert à l'extraction des déblais et qu'on remplit à la fin.

Bassin à flot de Bordeaux. — Sur l'argile du bassin de Bordeaux (où on fonça d'abord les puits au moyen de l'épuisement et du havage à la main), le sol montait dans le puits à mesure qu'on élevait le mur: ce n'est que lorsque les pressions latérales et le frottement entraient dans la résistance, qu'on descendait dans les puits et qu'on pouvait les dégager en épuisant l'eau avec des pompes.

Pour le bassin de radoub on a foncé les puits au moyen de dragage, ce qui est beaucoup plus économique et surtout beaucoup plus rapide.

Quais de l'avant-port du Havre. — Au Havre, on a fait des fondations par puits en maçonnerie posés sur un cadre en charpente, pour traverser une couche de sable bouillant de 2 à 3 mètres d'épaisseur au-dessous du pied du mur établi à la cote 0,15 (19 mètres du nivellement du Havre); le déblai de l'intérieur du puits a été effectué à la main, au moyen d'un épuisement énergique au moment de basse mer, et les produits du déblai ont été enlevés au moyen d'une grue à vapeur.

Avant de poser le cadre du puits à sa place, la fouille était préparée, et deux rangées de pieux, devant et derrière, la protégeaient contre les éboulements.

Les cadres ont eu généralement 6 mètres de chaque côté; la maçonnerie au mortier de ciment avait $1^m,03$ d'épaisseur au pourtour et on a rempli le milieu avec du béton.

Le déblai extrait de chaque puits a varié de 1 1/2 à 2 fois le volume de la fondation.

Quais du bassin de Penhouët, à Saint-Nazaire. — A Saint-Nazaire, pour la fondation des murs du quai d'une partie du bassin de Penhouët, on a procédé comme à Bordeaux dans la première période; la vase molle contient peu d'eau et le fonçage a été relativement facile, ce qui explique le bas prix indiqué : 54 francs le mètre cube.

Mais pourtant, comme le rocher sur lequel on a assis la fondation n'est pas partout horizontal, on a dû faire des étayages pour déraser le sol et permettre des descentes à travers le rocher déblayé : cette opération a été pratiquée au moyen d'étayements successifs qu'on faisait à mesure que le déblai s'effectuait, et quand il l'a été complètement, on a brisé tous les étais d'un coup au moyen d'une cartouche de dynamite placée dans chacun des étais.

A quelques puits, cette opération a été faite plusieurs fois, et quand on eut reconnu par l'expérience que le prix de ce procédé était trop élevé, comme les emplacements des piliers étaient déterminés d'avance par le sondage, on a fondé le mur au moyen de deux blocs dont le plus profond était descendu d'abord, puis le moins profond en arrière.

La note du Ministère des Travaux publics dit et fait ressortir que ces fondations ont coûté moins cher que si elles eussent été exécutées au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé : je crois que cette appréciation pourrait être discutée parce que, si on compare les prix, qui sont un peu plus de la moitié de ce qu'aurait coûté l'autre mode de fondation, celui-ci aurait eu l'avantage de permettre, avec un volume de maçonnerie inférieur à celui qui a été employé, de trouver une résistance égale, sinon supérieure à celle qu'on a obtenue.

Pont de Portigliola. — En Italie, on a exposé la fondation d'un pont pour les chemins de fer Calabro-Siciliens, à Portigliola : cette fondation a été faite au moyen de puits qui sont au nombre de 5 pour une pile et de 8 pour une culée; ils ont $2^{m},80$ de diamètre et ont été construits sur un rouet de bois armé de fer.

L'extraction des déblais a été faite à la main; ils ont été ensuite élevés par un treuil; la dépense, pour 6 mètres de profondeur, a été d'environ 4,000 francs, c'est-à-dire 100 francs par mètre cube, non compris les travaux accessoires.

La disposition de ce travail est tout à fait analogue à celle du pont de Rivesaltes, près Perpignan, construit sur la Tet, en 1860.

Pont de Poughkeepsie, sur l'Hudson. (Pl. I, fig. 3 et 4). — Parmi les ouvrages de l'Amérique du Nord, nous avons remarqué la fondation des piles du pont de Poughkeepsie, sur la rivière Hudson : ces piles sont faites au moyen de puits multiples existant dans une

seule enceinte : le procédé de fondations qu'on y a employé sort complètement des dispositions auxquelles nous sommes accoutumés en Europe.

On s'est inspiré du grand caisson du pont de Brooklyn pour la base du caisson, qui a 100 pieds de long sur 60 pieds de large (environ 31^{m},50 sur 19 mètres), 598^{mq},50 de surface.

Le caisson est formé de poutres en bois longitudinales et transversales, assemblées à moitié bois et réunies par des ligatures en fer; l'extérieur est garni de tôle sur 3 mètres de hauteur environ; la partie inférieure est très renfoncée et consolidée en fer, afin d'éviter des dérangements au contact du sol.

Ces pièces de bois forment entre elles, à la partie inférieure, deux compartiments dans le sens de la longueur de la pile, et ces compartiments sont recoupés transversalement par 5 cloisons qui forment, à la partie qui est en contact avec le sol, 12 compartiments pour l'extraction des déblais, et ils sont desservis par autant de cheminées rectangulaires ménagées dans tout le corps de la pile pendant la construction.

L'extraction des déblais a été faite par dragage dans l'eau.

Le lestage se compose de maçonnerie en béton tout au pourtour dans les compartiments correspondants au talus de la paroi extérieure et à la maçonnerie correspondant à la cloison longitudinale de la pile.

A la fin de l'opération du fonçage, on a comblé tous les puits avec du béton, après avoir jeté du gravier pour boucher les trous du dragage.

Les parois du caisson ont dû être construites jusqu'au-dessus du niveau de l'eau, et on a pu se servir de la partie supérieure de la construction en bois et de la maçonnerie extérieure comme de batardeaux pour poser le socle des piles à 30 pieds sous le niveau des hautes mers.

La surface de la première assise du socle a 75 pieds sur 32 (23^{m},70 sur 10 mètres), 237 mètres de surface, c'est-à-dire moins de la moitié de la surface à la base du caisson.

La profondeur de la fondation est de 120 pieds au-dessous du niveau des hautes mers (environ 36 mètres); il est évident que cette profondeur peut être atteinte par cette combinaison, sans procéder par l'air comprimé, mais il faut observer que, s'il se ren-

contrait des corps étrangers dans la fouille, comme des pierres, du bois ou d'anciennes constructions, l'extraction en serait difficile.

IV

FONDATIONS AU MOYEN DE CAISSONS MÉTALLIQUES ET D'AIR COMPRIMÉ.

Les travaux de fondation au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé, sont ceux qui paraissent avoir le plus attiré l'attention des constructeurs et des ingénieurs.

Ayant moi-même exhibé une longue liste de fondations exécutées, soit avec M. Castor, soit avec d'autres, soit seul, j'ai retrouvé dans les Expositions de France et d'Autriche plusieurs de nos ouvrages, comme la pile du pont de Ranville, sur l'Orne; la pile du viaduc du Crédo, sur le Rhône; des ponts sur le Danube, faits par nous ou nos imitateurs.

Entre autres ouvrages de cette nature, nous avons remarqué :

Pont de Collonges. — 1° La fondation d'une culée du pont de Collonges, sur le Rhône, qui présente cette particularité que l'écluse à air est en bas près de la chambre de travail, au lieu d'être en haut d'une cheminée qui se démonte, ce qui, à notre avis, n'a que peu ou pas d'importance; l'emplacement de l'écluse près de la chambre de travail a de l'intérêt, quand beaucoup d'ouvriers doivent être occupés en bas, pendant longtemps, comme cela est arrivé pour le grand caisson du pont de Brooklyn, et pour le cas d'une cloche à dérocher : la dimension de toutes les fondations ne permet pas de mettre l'écluse en bas.

La dépense du pont de Collonges a été de 80,000 francs pour 6 mètres de profondeur et de 123 francs environ par mètre cube.

Viaduc du Crédo. — 2° La pile du viaduc du Crédo, que nous avons exécutée en 1876, est décrite dans la Notice du Ministère des Travaux publics : cette pile mesure à la base $13^m,60$ de longueur sur $7^m,40$ de largeur avec un rétrécissement de $0^m,20$ tout au pourtour

sur une hauteur de 3 mètres ; au delà, la dimension est de 13m,20 sur 7 mètres ; l'enfoncement, au bord du lit du fleuve, a été pratiqué au moyen de l'air comprimé, on a même dû faire un remblai sous l'angle d'aval pour éviter un déplacement ; le fonçage s'est opéré à travers des fragments de toutes sortes descendus de la montagne, et la base repose sur une couche de marnes dures qui ont été dérasées horizontalement.

La dépense a été de 109 fr. 50 par mètre cube (93,000 francs pour 848m,50).

Pont Albert, à Dresde. — 3° La fondation d'une pile, à Dresde, avec l'emploi d'un système d'écluse qui nous a paru un peu compliqué pour les ouvrages les plus ordinaires à l'air comprimé, mais dont les résultats paraissent avantageux pour l'extraction ; cette disposition consiste à remplir un espace presque en entier avec du déblai ; on l'ouvre ensuite du dehors, et ainsi on ne dépense que peu d'air comprimé en sus du volume du déblai éclusé.

Travaux en Danemark. — 4° L'usine de Fives-Lille a exposé aussi des fondations exécutées en Danemark à de grandes profondeurs, mais nous ne connaissons pas les détails de ces travaux.

Écluse de chasse, à Honfleur. — Quant à nous, outre la pile du viaduc du Crédo, nous avons construit récemment le mur de garde de l'écluse de chasse, à Honfleur, avec un seul caisson de 42 mètres de long sur 5 mètres de large, foncé à 16 mètres dans le sol, à 18 mètres sous basse mer, maçonné au ciment, et payé moins de 100 francs par mètre cube.

Les progrès que nous avons pu réaliser dans ce genre de travaux par suite des nombreux ouvrages que nous avons exécutés, l'étude incessante et la rigoureuse observation des phénomènes qui se produisent nous ont permis :

Bassins de radoub de Toulon. — 1° D'étudier et de présenter à l'Administration de la marine, qui l'a accepté, un projet de construction de deux bassins de radoub, dont l'exécution se poursuit actuellement à Toulon, au moyen de caissons métalliques de 144 mètres de longueur, 41 mètres de largeur, 5,800 mètres de surface. Le premier caisson a été déjà sorti du chantier de construction et reçoit le lestage

en maçonnerie dont 16,000 tonnes sont déjà en place (la somme des maçonneries à exécuter pour que la partie inférieure du caisson touche le sol est d'environ 95,000 tonnes[1]).

Travaux d'Anvers. — 2° D'étudier et d'exécuter, à Anvers, une écluse bâtie en pleine eau, au moyen d'un caisson métallique de 920 mètres carrés de surface, laquelle servira à l'isolement des constructions à faire en arrière[2].

3° D'étudier et d'exécuter les murs de quai du port d'Anvers à construire en partie en pleine eau, en ne laissant en place que la partie métallique formant la chambre de travail inférieure destinée à l'opération du fonçage.

A mesure que ces constructions avanceront, nous aurons l'honneur de tenir la Société au courant des faits importants qui pourront se produire. Nous en avons précédemment remis la Notice explicative.

Quant à présent, l'exécution de ces ouvrages suit la marche que nous avions prévue.

Viaduc du val Saint-Léger, à Saint-Germain en Laye. — La construction d'un grand viaduc métallique pour traverser le val Saint-Léger, près Saint-Germain en Laye, a nécessité la construction de piles à une grande profondeur pour les asseoir sur un sol résistant.

Les sondages ont accusé au fond du vallon $3^{m},50$ à 4 mètres d'épaisseur d'humus et d'argile, 10 mètres environ de sables mouillés mélangés d'argile et de tourbe et enfin 10 mètres environ d'argiles plus ou moins mouillées et plus ou moins résistantes, et au-dessous les couches de calcaire bleu de tout repos.

Pour la fondation des piles on pouvait espérer pouvoir foncer des caissons à l'air libre, mais on devait se ménager la possibilité d'employer de l'air comprimé, si le besoin s'en faisait sentir. La pile de thalweg a été foncée entièrement à l'air libre, celle vers Versailles a été foncée partie à l'air libre, partie à l'air comprimé pour traverser un réservoir d'eau souterrain important, puis finie à l'air libre, cette pile

1. L'un des deux bassins de radoub est actuellement posé sur le sol avec un plein succès, le second est déjà lesté de 16,000 mètres de maçonnerie.

2. Cette écluse est terminée, et sa construction a démontré la valeur des moyens employés.

a pénétré de 35 mètres dans le sol. Celle vers Poissy arrivera probablement à foncer sans le secours d'air comprimé[1].

La dimension des piles est à la base 12 mètres de longueur sur 6m,60 de largeur, à l'extérieur et sur toutes les faces il y a un fruit de 5 centimètres par mètre sur les 3 premiers mètres et de 25 millimètres au-dessus. Cela atténue les frottements latéraux pendant la descente.

La méthode de fondations au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé étant récente, il nous paraît de toute équité de rappeler ici que M. Triger fut le premier qui la pratiqua pour le fonçage du puits des mines de Chalonnes, en 1840, où il employa l'air comprimé, et que M. Fleur Saint-Denis, ingénieur des ponts et chaussées, fut l'auteur du projet des fondations du pont de Kehl, entreprises en 1859, par M. Castor et exécutées par nous, sous la direction de M. Ch. Joyant, membre de la Société.

Depuis lors, l'exécution de ces travaux est arrivée à être pratiquée couramment et à un prix peu élevé, qui, souvent, ne dépasse pas celui auquel reviennent les travaux de fondations les plus ordinaires avec batardeaux et épuisements.

Outre la fondation de ponts, nous devons faire ressortir que quelquefois les murs de quai des ports sont fondés au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé, comme nous l'avons proposé et exécuté aux ports de Bone et de Brest.

Quai de l'Artillerie, à Brest. (Pl. I, fig. 1 et 2). — Le quai de l'Artillerie, à Brest, construit en 1876, présente un résultat économique en même temps qu'une grande résistance; la dépense a été d'environ 4,000 francs par mètre courant pour une hauteur totale de 16 mètres parementée de granit : dans ce prix sont compris le déblai du rocher sous l'eau et le remblai en arrière.

Le mur de quai est composé de piliers de 6 mètres de côté, enfoncés dans un talus de vase et de rocher, jusqu'à l'endroit où la base est complètement assise et encastrée dans le rocher mis à nu de toutes parts; après le remplissage des caissons de fondation, on construit une voûte de 12 mètres d'ouverture, cintrée sur un mur de pierre

1. Cette pile a été foncée partie à l'air libre, partie à l'air comprimé, et a, en outre, donné lieu à des travaux spéciaux.

sèche qui a pour effet de réunir les piliers entre eux pour faire la ligne du quai ; l'inclinaison du rocher qu'il a fallu déraser varie entre 2 de base et 1 de hauteur à 45°.

L'exécution de ces travaux a servi de point de départ et de comparaison pour l'étude des quais du port d'Anvers actuellement en construction, sur d'autres bases toutefois.

Pont sur le Moerdyck, en Hollande. — En Hollande, trois des piles du grand pont sur le Moerdyck sont fondées au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé, sans rien présenter de bien saillant : les autres piles ont été fondées au moyen de béton sur pieux dans une enceinte de pilots : elles sont protégées extérieurement par de grandes plates-formes en fascinage, comme les ingénieurs hollandais savent si bien en faire.

Pont sur la Meuse, à Rotterdam. — Deux piles du pont sur la Meuse, à Rotterdam, ont été fondées au moyen de caissons métalliques ; nous y avons remarqué que la chambre de travail avait environ 4 mètres de hauteur, sans doute à cause du sol qui se laisse facilement pénétrer par le tranchant ; l'écluse permet d'élever les déblais par deux cheminées, et l'eau, comprimée dans un accumulateur, sert à l'élévation des déblais depuis le bas jusqu'à l'écluse à air qui est en haut des cheminées.

Travaux aux États-Unis d'Amérique. — L'importance des grands travaux de l'Amérique du Nord nous a été révélée par le rapport de M. Malézieux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et nous n'oserions pas, après la description qu'il en a donnée, retracer les détails des travaux de fondation du pont Saint-Louis, sur le Mississipi, ni de celui de la rivière de l'Est en face Brooklyn.

La pompe à sable a été aussi fort bien décrite ; toutefois, nous devons faire remarquer que le déplacement du sable et de la vase n'ont pas besoin d'un appareil si spécial pour leur expulsion du milieu d'air comprimé, et que M. Triger, le novateur de l'emploi de l'air comprimé, nous a légué à tous le syphon dont nous faisons usage depuis vingt ans, et qui consiste en un simple tuyau ayant la partie inférieure libre et aboutissant à un robinet débouchant à l'extérieur.

On comprend aisément que, quand la partie inférieure du tuyau est

plongée dans la vase ou toute autre terre légère mélangée d'eau, l'équilibre s'établit dans le tuyau comme hors du caisson quand on ouvre le robinet, mais quand on introduit spécialement dans le tuyau un petit filet d'air comprimé, la colonne s'allège et déverse à l'air libre tout son contenu, soit air, eau et vase, qu'il suffit d'alimenter à la partie inférieure du tuyau.

Quand on peut déverser les produits de l'extraction au-dessous du niveau d'eau, cette disposition permet de sortir rapidement une grande quantité de déblais; mais ce cas, qui nous arrive parfois, est l'exception.

V

OUVRAGES A LA MER.

L'Exposition contenait relativement peu de spécimens de travaux à la mer.

Port de Marseille. — En France, l'installation de l'entreprise des travaux du port de Marseille contenait la photographie des engins d'exploitation et de transport des matériaux, de la carrière du Frioul aux jetées; tous ces engins, l'organisation des voies et des chalands, sont trop connus pour être décrits.

Le chantier à blocs artificiels de 10 mètres cubes est desservi par une grue roulante en fer, munie de presses hydrauliques, dont la pompe est actionnée par une petite machine à vapeur, qui opère le chargement sur wagons.

Le ponton qui sert à poser les mêmes blocs, soit à l'extérieur de la jetée, soit pour la confection des quais, est muni d'un gros treuil à vapeur, qui enroule la chaîne de 25 millimètres d'un gros palan avec lequel on lève.

Port de Philippeville. — Les travaux du port de Philippeville, sur la côte d'Algérie, auxquels nous sommes associés depuis douze ans, comprennent les mêmes engins pour manutentionner les gros blocs artificiels de 15 mètres et les échouer ou les charger sur ponton.

Phare d'Ar-men. — Les travaux de fondation des phares et par-

ticulièrement du phare d'Ar-men, sur la côte de Bretagne, renferment des difficultés d'un autre ordre, puisque l'on ne peut faire qu'un travail limité à chaque marée, et que toutes les marées même ne s'y prêtent pas.

Jetées du Hoek van Holland, à l'embouchure de la Nouvelle-Meuse, en Hollande. — La Hollande avait exposé des dessins, des plans et des modèles fort intéressants des jetées construites au Hoek van Holland, à l'embouchure de la Nouvelle-Meuse.

Ces jetées, commencées par l'immersion de grandes plates-formes en fascines couvertes de petites pierres et recouvrant une grande surface, qui s'intéresse à la résistance, sont successivement élevées à une hauteur voisine des basses mers, avec un talus très doux recouvert de pierres plus grosses ; elles se terminent par une estacade en charpente à la partie supérieure, et les talus sont recouverts de blocs artificiels, comme on le fait, d'ailleurs, pour les jetées dont le noyau est formé de pierres de carrière.

Port de Harlingue. — Nous avons également remarqué un mur de quai en pilots sur fascinage avec des enrochements au milieu, construit au port de Harlingue.

L'importance du fascinage dans ce genre de travaux, ainsi que celle du clayonnage, est fort considérable; on emploie aussi beaucoup de pierres de lestage qui sont fort chères.

Dès qu'on a obtenu une résistance de fond suffisante, avec ces moyens artificiels qui produisent dans les fondations une solidité d'autant plus grande, qu'en peu de temps tous les espaces vides sont remplis de vase et de sable, on peut construire des estacades et des quais en bois d'une remarquable solidité.

Port de Trieste. — Vous avez eu, Messieurs, la communication de M. Boemchès sur les travaux du port de Trieste, ce qui me dispense de vous en redire les incidents.

Il est pourtant intéressant de rappeler le déplacement des vases sous l'influence de la charge des enrochements, et le déplacement des enrochements eux-mêmes, qui a suivi celui des vases.

Un dragage préalable permettant de déposer les enrochements plus bas, comme on l'a fait pour la jetée du port de commerce de Brest, aurait sans doute écarté ces inconvénients.

VI

MOYENS DE TRAVAILLER SOUS L'EAU.

Avec l'importance des travaux hydrauliques se sont aussi développés les moyens de travailler sous l'eau.

Scaphandres, etc. — Nous avons remarqué, dans la section Française, les appareils à plonger de Cabirol, de Rouquerol-Denairouze, les lampes à courant d'air pour éclairer les plongeurs, la lampe électrique ou plutôt la cloche de M. Bazin pour éclairer par l'électricité les plongeurs ou scaphandres occupés au fond de l'eau.

Tous ces instruments fonctionnent à l'aide de pompes à pression d'air et sont trop connus pour qu'il soit besoin d'en faire une description spéciale.

Cloche avec bateau de la Seine. — Cette cloche est une grande amélioration de la cloche construite par M. Cavé pour les réparations sous l'eau des barrages et autres ouvrages qu'on trouve sur la Seine.

La cloche, en elle-même, est un cylindre en tôle de $5^m,20$ de diamètre extérieur et de 5 mètres de haut, fermé par en haut et ouvert en bas, contenant dans la partie supérieure un cylindre de $1^m,90$ de diamètre raccordé en bas avec le cylindre extérieur de $5^m,20$ au moyen d'un cône.

L'espace intérieur est la chambre de travail à laquelle on accède au moyen de deux écluses à air, dont l'une est spécialement destinée aux hommes, et l'autre aux matériaux et aux outils.

L'espace entre les deux parois est divisé en compartiments qu'on peut remplir alternativement d'air ou d'eau pour favoriser les opérations de levage ou d'immersion.

Cette cloche a, comme on le voit, une certaine analogie avec *le Nautilus* ou bateau plongeur du docteur Payern.

La cloche est posée dans le puits d'un bateau de 32 mètres de long sur 7 mètres de large, qui contient la machine à vapeur produisant l'air comprimé et servant aux diverses manœuvres des treuils pour la mise en place et les autres besoins du service.

Cette cloche, qui peut permettre une immersion à $4^m,50$ de profon-

deur, pourrait permettre une profondeur d'immersion plus grande encore, en ajoutant des viroles aux deux diamètres; une bigue est installée sur le pont du bateau pour faciliter les opérations.

Cloche à dérocher employée à la « Roche la Rose » à Brest, par M. Hersent. — La cloche à dérochement pour l'enlèvement sous l'eau de la « Roche la Rose, » à Brest est une chambre de travail, comme celles qu'on construit pour les fondations au moyen de l'air comprimé : elle a 10 mètres de long sur 8 mètres de large, soit 80 mètres de surface, pour permettre à un grand nombre d'ouvriers d'y travailler et de produire une extraction importante.

Au-dessus de la chambre de travail est le flotteur, qui a la même surface que la cloche, et 5 mètres de haut, il sert à lever ou immerger la cloche, suivant qu'on la remplit d'air comprimé ou d'eau; l'accès entre l'air libre et la chambre de travail est établi par une cheminée centrale de 3 mètres de diamètre, contenant un escalier tournant au bas duquel se trouvent les écluses, au nombre de deux.

Ces écluses peuvent servir au passage des hommes et aussi à l'éclusage des déblais; mais, pour cette opération, on a fait de chaque côté deux cheminées, dans lesquelles on a établi un monte-charge à plateaux qui permet d'écluser de grandes quantités; sur ces cheminées, on peut aussi monter des écluses ordinaires avec monte-charge qui favorisent l'extraction du déblai, ce qui est un point important dans le travail de dérochement.

L'expérience, encore incomplète, de cet appareil, ne permet pas d'en donner encore tous les résultats pratiques; mais, à raison du lestage fait à la partie inférieure, il a une assez grande stabilité, et tient solidement en place à l'entrée de la Penfeld, quand la rade est même mauvaise et agitée [1].

Les machines pour la compression de l'air et les diverses manipulations sont installées à terre.

Scaphandres anglais. — La section Anglaise contenait aussi de nombreux spécimens de vêtements à plonger.

Cloche à télescope de la section Hongroise. — La section

1. La « Roche la Rose » d'une importance de près de 10,000 mètres, sera dérasée au mois de juin 1880; le travail marche d'une façon normale.

Hongroise contenait la description d'une cloche dite à télescope, qui a servi au nettoyage des fondations du port de Fiume.

Cette cloche se compose d'une chambre de travail supportée par un ponton, qui permet de la descendre et de la lever à volonté, et d'une écluse à air également manœuvrée du ponton; la cheminée qui réunit l'écluse et la chambre de travail, est composée de tubes à garniture qui rentrent l'un dans l'autre, comme ceux d'un télescope.

Le ponton contient la machine et les engins nécessaires au fonctionnement de l'appareil.

Taupe sous-marine de la section Italienne. — La section Italienne comprenait un appareil d'exploration sous-marine, nommé taupe sous-marine; c'est une boîte en tôle avec des ouvertures garnies de glaces qui permettent de voir ce qui est au fond de l'eau ou plutôt devant l'objectif d'observation.

L'observateur est enfermé dans la boîte, qui est enfoncée dans l'eau au moyen d'un ponton : l'air lui est fourni par les tuyaux; il peut être à l'air libre et communiquer avec le ponton au moyen du télégraphe ou d'un acoustique: cet appareil paraît intéressant pour des reconnaissances sous l'eau à de grandes profondeurs, mais, pour le plus grand nombre de cas, un plongeur avec un scaphandre obtiendra les mêmes résultats.

NOTE

SUR LES

APPAREILS SOLAIRES

ET

LES SERVICES QU'ILS PEUVENT RENDRE

PAR M. ABEL PIFRE.

L'histoire progressive des tentatives qui ont été faites depuis l'antiquité pour utiliser directement les rayons du soleil, est maintenant trop connue pour qu'il soit nécessaire de traiter ici la question à ce point de vue particulier.

Je me bornerai donc aujourd'hui à examiner, aussi brièvement que possible, le chemin parcouru, depuis un an que je poursuis la réalisation pratique de cette idée.

Le type d'appareil solaire dont nous allons nous occuper, inventé par M. Mouchot, était représenté à l'Exposition universelle de 1878, sur les pentes du Trocadéro, par le plus grand concentrateur qui eût encore été construit.

C'était la solution en grand du problème qui, jusque-là, n'avait été résolu qu'au moyen d'appareils de dimensions beaucoup moindres.

Ce grand récepteur avait été construit à la hâte ; et, comme il est bien rare que l'on arrive du premier coup à la solution simple d'un problème de mécanique, il est naturel que ce générateur nouveau se soit présenté avec des imperfections notoires et un ensemble peu satisfaisant.

Malheureusement, beaucoup de visiteurs, faute d'un examen sérieux de la question, ont rendu l'invention responsable d'une disposition défectueuse dans la première machine qui la traduisait.

Il en est résulté une sorte de prévention contre toute possibilité

d'utiliser directement et facilement les rayons du soleil : or, rien n'est plus injuste, et c'est ce que je me propose de démontrer.

J'ai accepté de l'inventeur la tâche de rechercher les moyens de résoudre pratiquement toutes les objections qui lui étaient faites. J'ai foi dans son idée ; elle est juste, féconde, logique et moins hardie qu'on ne le croit à une époque où la thermodynamique nous enseigne que nous devons aux rayons solaires toute l'énergie répandue sur la terre et tout le travail mécanique qui se dépense dans l'industrie moderne ; de plus, elle s'appuie sur des résultats scientifiques et des expériences indiscutables : je ne doute donc pas qu'elle ne fasse infailliblement son chemin et que le succès n'arrive un jour à récompenser nos modestes efforts. A ce sujet, qu'il me soit permis de remercier tout particulièrement, parmi les personnes qui m'ont soutenu de leurs encouragements, monsieur Jacqmin, l'éminent directeur des chemins de fer de l'Est, qui a foi comme moi dans l'avenir de l'invention et qui a bien voulu m'aider de ses précieux conseils.

Nos appareils nouveaux répondent aux objections qu'avait fait naître la machine si lourde et si compliquée de l'Exposition.

L'équilibre stable de la chaudière et du réflecteur placés en porte à faux, est aujourd'hui réalisé. La figure 1, ci-dessous page 273, permet de s'en rendre compte ; mais je serais heureux de le faire constater *de visu* à ceux des membres de notre Société que la question peut intéresser, car j'espère qu'ils y trouveront le même intérêt qu'un grand nombre d'ingénieurs de l'Algérie, pendant le long voyage que j'ai fait récemment en cette colonie. Ceux qui ont été témoins des difficultés que présentait autrefois l'orientation du réflecteur, verront qu'elle s'obtient aujourd'hui au moyen d'un mécanisme aussi simple que pratique ; qu'il est possible de produire et de recueillir de la vapeur d'une manière continue ; ils contrôleront enfin les résultats qui seront cités plus loin et qui proviennent des expériences publiques que j'ai faites à Bone, à Philippeville, à Alger, à Orléansville, Oran, etc...

Comme toutes les grandes idées, celle de M. Mouchot est si simple qu'il serait difficile de changer les éléments mêmes de sa réalisation. Les mêmes parties essentielles se retrouvent dans les appareils nouveaux : leurs formes seules, ainsi que leurs dispositions relatives les unes par rapport aux autres, ont subi d'importantes modifications.

Ces parties essentielles de nos générateurs solaires sont les suivantes :

1° **Un réflecteur** tronc-conique qui renvoie les rayons solaires en les concentrant sur une chaudière placée dans son axe;

2° **Une chaudière**, noircie extérieurement et placée dans l'axe pour absorber les rayons réfléchis;

3° **Une enveloppe de verre**, entourant cette chaudière pour la préserver du refroidissement extérieur;

4° **Un bâti ou support** sur lequel repose tout l'appareil, ainsi qu'un mécanisme pour l'orientation convenable du réflecteur.

La figure 1 représente l'ensemble de ces diverses parties que nous allons passer successivement en revue.

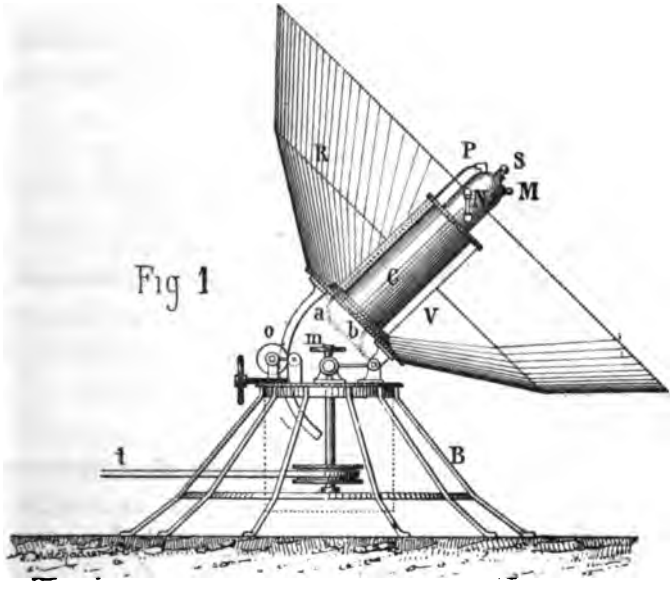


Fig 1

Vue d'ensemble d'un grand appareil.

B — Bâti ou support de l'appareil.
R — Réflecteur.
C — Chaudière.
V — Manchon de verre.
P — Prise de vapeur.
S — Soupape de sûreté.
M — Manomètre.
a — Tuyau de vapeur.
b — Tuyau d'alimentation.
m — Volant de la machine à vapeur.
o — Mécanisme d'orientation.
t — Courroie de transmission.
N — Niveau d'eau.

Le **réflecteur** est formé avec des feuilles de fer-blanc, ou, ce qui est préférable, avec des feuilles de plaqué d'argent.

Sa forme primitive était celle d'une surface tronc-conique, la génératrice du cône faisant un angle de 45° avec l'axe; mais j'ai trouvé

Fig 2

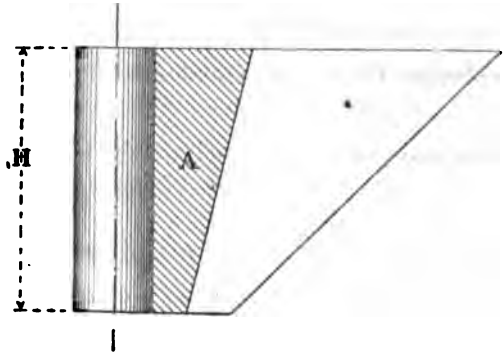


Fig 3

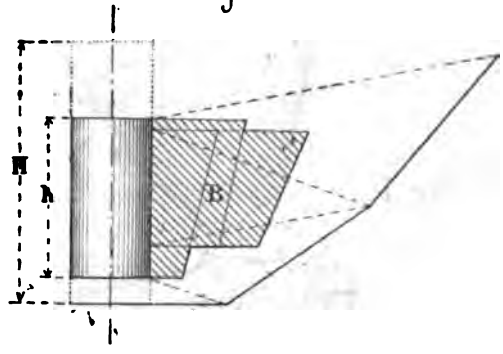
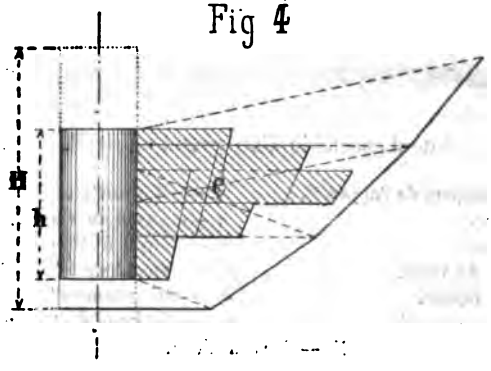


Fig 4



avantageux de substituer au réflecteur à génératrice rectiligne (fig. 2) un réflecteur à génératrice brisée (fig. 3 et fig. 4), donnant, pour une

même quantité de chaleur réfléchie, une utilisation meilleure et plus rationnelle.

Cette nouvelle disposition, figures 3 ou 4, a pour avantage :

1° De permettre d'augmenter le diamètre de la chaudière aux dépens de la hauteur ; elle est ainsi plus sûrement frappée par tous les rayons solaires déviés de leur route de réflexion vers l'axe, soit à cause d'une orientation inexacte et momentanée de l'appareil, soit à cause du défaut d'exactitude mathématique du réflecteur, exactitude qu'il est impossible d'obtenir d'une manière absolue.

2° De produire sur la chaudière un chauffage meilleur. Les surfaces hachées des croquis, figures 2, 3, 4, sont en effet les diagrammes représentant pour chaque zone les quantités de chaleur incidente.

Dans la figure 2, par exemple, la zone de chauffage maximum se trouve en haut ; dans la figure 3, cette zone est abaissée un peu ; dans la figure 4, elle l'est encore plus.

Plus on abaisse cette zone de chauffage maximum, plus on se rapproche des conditions de chauffage rationnel des liquides par le bas, et moins on risque d'avoir le maximum de chauffage sur une partie de la chaudière qui peut manquer de liquide.

La chaudière est en cuivre rouge aussi mince que possible pour avoir une meilleure transmission, et noircie à l'extérieur.

Dans les grands appareils, elle porte un niveau d'eau pour que l'on puisse s'assurer du niveau du liquide, un manomètre et une soupape de sûreté.

L'enveloppe de verre, protectrice contre le rayonnement dans l'air extérieur, se compose d'une ou plusieurs parties suivant le diamètre de la chaudière.

Le mécanisme d'orientation diffère un peu suivant les dimensions de l'appareil. Sa fonction, toujours la même, donne deux mouvements autour de deux axes perpendiculaires, l'un vertical, l'autre horizontal, exactement comme dans le théodolite. Au moyen de ces deux mouvements, l'axe de la chaudière peut suivre le soleil dans toutes ses positions au-dessus de l'horizon. Même pour les grands appareils, ce mécanisme qui est très simple, se manœuvre avec une extrême facilité : j'ai pu me convaincre, en Algérie, que le premier Arabe venu apprenait dès le premier jour à le faire fonctionner sans hésitation ni erreur.

Le mouvement parallactique de l'Exposition, malgré la complication de ses engrenages, ses vis de butée, ses contrepoids, ne parvenait pas à assurer le fonctionnement régulier de l'appareil et laissait un doute sur la solidité de tout l'ensemble.

Ici, l'équilibre s'obtient facilement. La manœuvre, toujours la même en toute saison, est rudimentaire. On n'a plus à se préoccuper de l'établissement des niveaux d'eau ou de l'installation des tuyaux d'alimentation et de distribution de vapeur si difficiles à placer dans le cas du mouvement parallactique. Le conduit de vapeur passe entre l'enveloppe de verre et la chaudière; il est surchauffé et arrive simplement, sans l'emploi de tuyaux en caoutchouc, jusqu'au moteur placé sur le support de l'appareil.

Enfin, l'arbre même du moteur coïncide avec l'axe vertical autour duquel tourne tout l'appareil, en sorte que la transmission de la force motrice se fait sans inconvénient pour la machine à actionner : pompe, moulin, etc.

Cette forme de support présente des avantages analogues si l'appareil fonctionne comme alambic; car on peut alors placer très commodément le réfrigérant comme l'indique le trait pointillé de la figure 1.

Nous divisons actuellement les appareils solaires en deux groupes distincts :

1° **Les appareils domestiques**, dont les réflecteurs ont des ouvertures qui varient de 0m,50 à 2 mètres de diamètre.

2° **Les appareils industriels**, dans lesquels l'ouverture du réflecteur peut aller jusqu'à 6 mètres de diamètre.

Les premiers, dont la construction a été rendue aussi simple que possible, sont destinés, comme l'indique leur nom, aux usages domestiques : cuisson des aliments, préparation du café, distillation d'eau impure, etc.

Les seconds sont appelés à des usages industriels bien plus étendus dans les pays chauds : production de vapeur sous pression pour force motrice ou pour tout autre usage; élévation des eaux, distillation du vin, des liqueurs alcooliques, d'eaux saumâtres ou impures; extraction et préparation des parfums, fabrication de la glace, etc...

Si l'on veut se rendre compte *à priori* des résultats calorifiques qu'il est possible d'obtenir en utilisant directement la chaleur solaire, on

n'a qu'à se reporter aux expériences faites en France, par Pouillet, et ailleurs par d'autres savants.

Pouillet a trouvé que par un temps clair, à Paris, le soleil déversait en moyenne sur la terre une quantité de chaleur égale à 10 calories par mètre carré et par minute. M. Violle, professeur à la Faculté de Grenoble a trouvé que, dans le sud de l'Algérie, la chaleur incidente allait jusqu'à 18 calories à cause de la transparence et de la sécheresse de l'atmosphère.

Nos appareils actuels utilisent, au minimum, les 2/3 de cette chaleur incidente : le reste se perd par réflexion sur le miroir ou par le passage à travers l'enveloppe de verre. Si nous ne considérons que le cas des climats chauds, le seul où les appareils solaires soient susceptibles de grandes et avantageuses applications, nous voyons que l'on peut y compter sur une absorption, par la chaudière, de 10 à 12 calories par minute et par mètre carré de surface exposée au soleil.

Il faut environ 635 calories pour porter 1 kilogramme d'eau de 15° à la température correspondant à 5 atmosphères de pression et la transformer en vapeur ; nous pouvons donc recueillir, par mètre carré d'ouverture de réflecteur et par heure, une quantité de vapeur à 5 atmosphères égale à

$$\frac{12^{cal} \times 60}{635} = 1^{kg},13.$$

Or, une machine à vapeur sans condensation, travaillant dans de bonnes conditions à 5 atmosphères, avec une détente de 1/3 ou 1/4, dépense au maximum 20 kilogrammes de vapeur par cheval et par heure. Pour alimenter une machine de 1 cheval, il suffirait donc, même dans ces larges conditions, d'une ouverture de réflecteur de

$$\frac{20}{1,13} = 17^{m2},80.$$

C'est-à-dire qu'avec un appareil dont le réflecteur a une ouverture de 5 mètres de diamètre, ce qui correspond à une surface d'incidence de 20 mètres carrés en chiffres ronds, on peut compter produire sur l'arbre du volant d'une petite machine un travail supérieur à un cheval-vapeur.

De toutes les expériences faites jusqu'ici et qui ont confirmé nos

prévisions, je citerai seulement celles qu'il m'a été possible de réaliser dernièrement en Algérie.

L'appareil, dont je me servais de préférence, était à génératrice brisée, facilement démontable et remontable, très léger pour faire un colis commode à transporter.

Il ne présentait au soleil qu'une ouverture de 7/10 de mètre carré. Malgré ses dimensions restreintes, il était muni de tous ses accessoires et il fournissait encore à la fin du mois d'octobre, à Alger, sur la terrasse de l'Académie militaire, une quantité de vapeur suffisante pour faire travailler une machine à coudre sous pression constante et d'une manière continue.

La mesure du temps nécessaire pour porter à l'ébullition un poids d'eau déterminé attestait, à différentes reprises, même à proximité de la mer, par un beau jour du mois d'octobre 1879, une utilisation de 12 calories par minute et par mètre carré. La chaudière que j'employais était en cuivre poli recouvert d'une couche de peinture noire comme dans toutes les expériences de M. Mouchot. Un autre inventeur, mort trop tôt pour le succès des belles expériences qu'il avait entreprises, M. Drivet, avait souvent proposé à M. Mouchot et à moi-même de recouvrir nos chaudières d'un enduit métallique qui devait, assurait-il, en augmenter beaucoup le pouvoir absorbant. Nous n'y avions pas ajouté grande attention lorsque dernièrement, en relisant les travaux de Melloni, je remarquai que ce savant expérimentateur avait reconnu la parfaite diathermanéité du noir de fumée pour certaines radiations obscures. Je me suis livré alors à une série d'expériences desquelles il résulte, en effet, qu'un enduit métallique noir, et mieux, un dépôt métallique opéré par la pile peut augmenter notablement le pouvoir absorbant des corps soumis à l'insolation. Cela tient sans doute à ce que le peu d'adhérence de la peinture noire employée laisse d'abord la surface polie de la chaudière qui en est recouverte, réfléchir vers l'extérieur une partie des radiations dont parle Melloni ; et surtout (car le verre qui entoure nos chaudières doit s'opposer à l'arrivée sur elles d'une portion de ces radiations) à la mauvaise conductibilité de la couche de peinture.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'il nous est désormais possible d'augmenter le pouvoir absorbant de nos générateurs, en les recouvrant d'un dépôt de cuivre rugueux.

D'autre part, il résulte d'expériences comparatives, que le rendement

de nos appareils croît avec leurs dimensions. Nous sommes donc certain de ne pas être taxé d'exagération en prenant le chiffre de 12 calories pour base de nos calculs relatifs aux grands générateurs solaires.

Dans ce cas, nous pouvons compter sur une production d'au moins 20 kilogrammes de vapeur avec un générateur présentant au soleil une ouverture de 20 mètres carrés (diamètre de la grande base = 5m).

Grâce au petit moteur spécial que j'ai construit tout exprès pour l'usage des générateurs solaires, cette quantité de vapeur sera amplement suffisante pour produire une force effective de un cheval et demi.

Ce n'est pas tout. Cette dimension de 5 mètres de diamètre pour la grande base du réflecteur n'est pas un maximum. Maintenant que nous avons une base de sustentation solide, un équilibre stable pour tout l'appareil, nous pouvons aller jusqu'à 6 mètres sans dépasser les limites voulues pour le bon fonctionnement et la manœuvre facile du réflecteur et de la chaudière.

Or, un réflecteur de 6 mètres de diamètre ne donnera pas moins de 25 kilogrammes de vapeur. En en conjuguant deux de même puissance, nous disposerons donc de 50 kilogrammes de vapeur. Avec le même système demoteur, muni cette fois d'un condenseur permettant de marcher à pression moins élevée et, par suite, de diminuer les pertes de chaleur par refroidissement extérieur de la chaudière, il n'est pas douteux que ces 50 kilogrammes de vapeur soient suffisants pour produire une force de quatre chevaux.

Assurément ce n'est pas énorme, surtout si l'on se reporte à la quantité de travail dépensé à Paris dans toutes les industries alimentées par la vapeur; mais, pour envisager la question sous son vrai jour, il faut examiner ce que représente un pareil résultat appliqué à l'élévation des eaux pour l'irrigation, par exemple, et cela en des contrées où les générateurs solaires fonctionneront d'autant mieux que l'atmosphère sera plus brûlante et que la terre aura plus soif.

Une force de quatre chevaux, appliquée sur une pompe de rendement moyen, permet d'élever, en Algérie, dans la plaine du Tell, par exemple, où l'eau est généralement à 4 ou 5 mètres seulement au-dessous du sol, un minimum de 2,000 mètres cubes d'eau par journée de 10 heures.

Cela suffit pour irriguer 4 hectares par jour. En laissant ces der-

niers hectares neuf jours sans arrosages, on pourra, pendant ces neuf jours, irriguer 36 autres hectares, soit, au bout de dix jours, 40 hectares arrosés. L'opération, trois fois renouvelée sur les mêmes terres, suffit pour assurer la récolte ; c'est-à-dire qu'au bout d'un mois, on pourra commencer l'irrigation de 40 autres hectares. En variant les cultures, ce qui est possible en ces pays privilégiés du soleil, on pourra, pendant une période de six à sept mois, irriguer ainsi près de 250 hectares.

En France, on compte une plus-value locative de 200 fr. par hectare irrigué. Cette plus-value est moindre en Algérie ; mais elle atteint facilement 80 à 100 fr. C'est encore un beau chiffre, car pour 250 hectares, cela représente une somme de 20 à 25,000 fr., Or, il n'est question ici que de l'augmentation du prix des fermages, car les colons faisant valoir eux-mêmes leurs terres en retireront des bénéfices plus considérables. Il existe des terres irriguées au sud de Constantine donnant jusqu'à six et sept coupes de luzerne, alors que les propriétés voisines, moins favorisées, c'est-à-dire non irriguées, restent pendant tout l'été sans donner trace de végétation.

« L'eau, en Algérie, c'est la vie... » disait récemment M. le Gouverneur général civil de cette belle colonie en répondant au maire d'Orléansville, qui lui demandait la création d'un barrage aux frais de l'État. J'ai l'espoir que les appareils solaires permettant d'élever sans frais l'eau qui se trouve généralement à si peu de profondeur dans les plaines algériennes, répandront la vie, non seulement dans notre Afrique septentrionale, mais en Égypte, en Espagne, en Italie, aux Indes, dans l'Amérique du Sud, etc... dans tous les pays enfin que l'on désigne vulgairement sous le nom général de ***Pays chauds***, et qui ne renferment pas moins, d'après les statistiques géographiques, de 750,000,000 d'habitants.

Il serait trop long de détailler ici toutes les applications dont les appareils solaires sont susceptibles. J'en ferai quelque jour un tableau synoptique, qui sera communiqué à notre Société. On y trouvera ce que j'ai dit ailleurs de leur influence sur la culture et le travail mécanique des lins, par exemple, dont l'Algérie pourrait tirer un si grand parti, tout en rendant à la Métropole un service signalé puisqu'elle pourrait livrer à bon marché à nos industries linières du Nord de la France, toutes les matières premières qu'elles achètent maintenant en Belgique, en Hollande, en Russie à des prix très élevés et représentant une dépense de plus de cent millions de francs par an.

Qu'il me soit permis, cependant, de citer un exemple relatif à une industrie toute nouvelle comme l'industrie solaire : *La distillation des figues de Barbarie*. Au surplus, cette question est très intéressante par elle-même, au moment où de hardis explorateurs tentent d'ouvrir de nouveaux débouchés à notre activité sur le continent africain, au moment où notre Gouvernement se préoccupe de jeter, à travers le désert, une voie ferrée qui permettra à nos comptoirs algériens de donner la main à ceux que nous avons au Sénégal. Elle montrera que le désert lui-même, dont nous nous faisons le plus souvent une idée fausse, peut offrir dès maintenant tout un champ d'exploitations nouvelles et productives.

Le figuier de Barbarie se rencontre partout en Algérie. Il croît sans culture, sans travail, même dans les terrains les plus rocailleux. Il donne des fruits dont le nombre dépasse l'imagination, et dont la richesse en alcool est plus considérable que celle des betteraves du Nord de la France. D'après M. Barral, en effet, 1,000 kilogrammes de betteraves ne produisent guère que 41 litres d'alcool, tandis que, d'après M. Ballard, qui a expérimenté à Médéah, la même quantité de figues de Barbarie produit une moyenne de 50 litres d'alcool à 80°.

Il suffit, pour obtenir ce résultat, d'exprimer le jus des figues au moyen d'un pressoir et de l'additionner d'un peu de tannin ou d'acide chlorhydrique, enrayant la fermentation mannitique au profit de la fermentation alcoolique.

Or, un seul appareil solaire, muni d'un réflecteur de 5 mètres de diamètre, peut distiller sans frais jusqu'à 200 litres par jour de cet alcool, dont la matière première ne coûte rien et dont les résidus peuvent entrer dans la ration du bétail.

L'importance de ce résultat est d'autant plus remarquable, que l'Algérie importe tous les ans, plus de 30,000 hectolitres d'alcool, et qu'elle est appelée à en importer bien davantage encore pour la fabrication de ses vins, qui ne peuvent voyager sans addition d'alcool.

J'ai dit, tout à l'heure, que les alambics solaires pouvaient fonctionner sans frais. Comme les générateurs solaires, ils ne nécessitent en effet que les dépenses de premier établissement.

Le plaqué d'argent qui compose le réflecteur fait office de combustible et peut durer pour ainsi dire indéfiniment. La chaudière, étant à

l'abri des coups de feu, est également susceptible d'une très longue durée. Enfin, le mécanisme est assez simple et robuste pour qu'il n'y ait pas à craindre de le voir se déranger et paralyser le fonctionnement des appareils.

En résumé, en attendant les résultats des expériences que je vais prochainement tenter sur la conversion de la chaleur du soleil en électricité, et de cette dernière en travail par l'intermédiaire d'une machine Gramme, les appareils solaires, tels qu'ils sont aujourd'hui, peuvent déjà rendre les plus grands services aux pays chauds, concourir au progrès de leurs industries agricoles, et, par suite, à leur prospérité commerciale.

C'est du moins l'avis de toutes les personnes qui ont assisté à mes récentes expériences d'Algérie: ingénieurs, officiers, conseillers généraux, colons, entrepreneurs de travaux publics, etc... Et je souhaite que ce soit aussi celui des membres de notre Société, car j'espère qu'ils voudront bien, dans ce cas, contribuer par leurs conseils et leurs études personnelles au développement de cette nouvelle source de travail, une des plus neuves et des plus incontestables de notre époque.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS DE FÉVRIER 1880

Séance du 6 Février 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à neuf heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 23 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'annoncer la promotion de M. Mayer comme officier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que, sur la proposition du Bureau, le Comité a décidé à l'unanimité des membres présents dans la séance de ce jour, qu'à partir de l'année 1880 et jusqu'à nouvel ordre, les *Bulletins* de la Société deviendraient mensuels et contiendraient, en outre des procès-verbaux et des mémoires habituels, des chroniques et des comptes rendus, destinés à nous tenir au courant de ce qui se passe dans les différentes Sociétés savantes, tant en France qu'à l'étranger, ainsi du reste qu'il est prévu à l'article 80 de notre règlement.

En prenant cette décision, le Comité a la ferme conviction de répondre à un besoin de publicité et d'actualité qui s'impose. Il ne doute pas que cette décision ne reçoive l'assentiment de la grande majorité, sinon de l'unanimité de nos collègues.

Cette mesure, qui n'avait été qu'ajournée au moment où on avait décidé de faire paraître tous les deux mois les *Bulletins* d'abord trimestriels, entraînera un surcroît de dépenses auquel nous ferons face avec les réserves de notre fonds courant, en attendant que le nombre croissant de nos sociétaires nous permette de thésauriser de nouveau.

Nous faisons donc plus que jamais appel à tous nos collègues, pour le recrutement de membres nouveaux.

Nous leur demandons, en outre, de vouloir bien collaborer à la chronique

et au compte rendu, en signalant à M. Mallet, que notre Comité vient de désigner à cet effet comme secrétaire rédacteur, tous les travaux, ouvrages et articles qui pourraient, à un titre quelconque, intéresser la Société.

Nous faisons tout particulièrement appel à ceux d'entre nos collègues qui, habitant de grands centres industriels, ou parlant des langues étrangères, pourraient nous prêter leur concours pour nous signaler des faits intéressants, voire même par des traductions de publications étrangères.

Le Président se plaît à espérer que cet appel sera entendu de tous, et qu'ainsi tous nos collègues voudront bien s'associer au Bureau et au Comité, pour faire réaliser aux *Bulletins* de la Société un progrès nouveau.

M. Seyrig donne communication de sa note sur l'accident arrivé au pont de la Tay.

Cet ouvrage, établi sur le *Firth of Tay*, met en communication les deux rives de cet estuaire pour relier la ville de Dundee avec le North British Railway, évitant ainsi un très long détour par l'intérieur des terres. La configuration de la rivière bordée de montagnes forme, dans une certaine mesure, entonnoir pour les vents les plus violents et les plus dangereux. Le pont sur la Tay comprenait 85 travées formant ensemble une longueur de 3,153^{m} 62. Ces travées étaient de portées variables et présentaient divers modes de construction, bow-strings, poutres sous rails, poutres lattices tubulaires, continues et discontinues, de sorte que l'ouvrage était un composé des éléments les plus disparates. Une partie était établie sur des palées métalliques, une autre sur des piles en maçonnerie, une autre enfin, et c'était la plus importante, sur des piles en maçonnerie surmontées de colonnes en fonte diversement contreventées.

Les parties les plus importantes du pont, qui sont précisément celles qui ont cédé, le 28 décembre 1879, en engloutissant avec elles un train composé d'une machine et son tender, de cinq voitures à voyageurs et d'un fourgon, sont 13 travées établies sur poutres lattices tubulaires, dont onze ont 74^{m} 67 d'ouverture et deux 69^{m} 15. Ces travées ont le dessous des poutres à 25^{m} 60 au-dessus des hautes mers de vive eau.

L'ensemble de ces travées formait trois groupes distincts de poutres continues : l'un de cinq travées, les autres de quatre chacun. Les poutres étaient ancrées aux piles métalliques en leur milieu, la dilatation se faisant aux extrémités.

Il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la construction des piles métalliques. Celles-ci étaient formées chacune d'un groupe de six colonnes en fonte, disposées en hexagone allongé. Les quatre colonnes centrales avaient une égale distance dans le sens de la largeur de la pile, et un très faible fruit dans le sens transversal au pont. Elles ont 380 millimètres de diamètre et 32 millimètres d'épaisseur. Les deux colonnes formant avant et arrière-becs ont 457 millimètres de diamètre et sont chacune parallèles aux deux colonnes centrales qui leur sont voisines. Toutes reposent sur des bases ayant 0^{m} 670 de hauteur, ancrées dans la maçonnerie, et

portant des plaques d'appui rondes ou carrées, suivant leur position. Les colonnes sont construites par tronçons de $3^m\,302$ de longueur. Leurs joints sont faits au moyen de brides tournées, réunies par huit boulons de $27,6^{mm}$ de diamètre. Les têtes des colonnes sont réunies trois par trois, dans des sommiers triangulaires, sur lesquels repose le sommier portant l'appui, soit fixe, soit mobile, du tablier.

Le contreventement de ces piles mérite une attention particulière. Il existait, dans les huit faces que l'on obtient, en réunissant les colonnes deux à deux, sur le pourtour et entre les deux paires placées parallèlement à l'axe du pont. Dans ces huit plans, il y avait des entretoises horizontales, placées immédiatement sous chaque joint de colonne. Ces entretoises étaient formées de deux fers à U isolés, ayant chacun $\frac{152^{mm} \times 63^{mm}}{12,7}$. Elles étaient attachées à chaque extrémité à la colonne par deux boulons qui traversaient une oreille venue de fonte. Ces boulons ont $27^{mm}6$ de diamètre; les trous qui les reçoivent ont 35^{mm}.

Le contreventement oblique, ou treillis de la pile, est placé dans les mêmes plans que les entretoises. Il est formé de barres de fer plat de $114^{mm} \times 12^{mm}7$. Ces barres sont fixées par des boulons de même dimension que les précédents à des oreilles en fonte placées dans le prolongement de celles des entretoises, mais qui forment des fourches recevant entre elles les abouts des diagonales. Ces oreilles ont 25^{mm} d'épaisseur. Les extrémités inférieures des diagonales sont munies d'une clavette et de deux contre-clavettes, au moyen desquelles on tendait ces pièces lors de leur mise en place.

Les socles des colonnes reposent sur de la maçonnerie de pierre de taille, dont l'épaisseur totale est de $1^m\,52$ en quatre assises. Les boulons de fondation qui traversent les socles des colonnes, ne prennent que les deux assises supérieures de ces pierres; il n'existe aucune autre liaison des pierres inférieures entre elles que celle que donne le ciment employé.

Le dessous de ces pierres correspond approximativement aux plus hautes mers. Toute la partie inférieure est en briques hourdées au ciment. L'hexagone se continue jusqu'à une certaine profondeur, au-dessous de laquelle se trouve la fondation proprement dite, un caisson circulaire de $9^m\,45$ de diamètre, rempli de béton de ciment, dans lequel la maçonnerie de briques pénètre de $0^m\,60$ environ.

Le sol de fondation consiste en vase à la partie supérieure, une couche de graviers et pierres ensuite, de l'argile bleue ou rouge enfin, qui repose sur la roche sous-jacente, laquelle est du grès rouge. Ce rocher ne paraît pas avoir été régulièrement atteint par les fondations.

Des observations faites dans la journée de la catastrophe à l'observatoire de Glasgow par le professeur Grant ont indiqué, à 7 h. 10 du soir, une vitesse du vent égale à 116 kilomètres à l'heure, ou $32^m\,20$ par seconde, correspondant à 122 kilogrammes par mètre carré. Mais M. Grant estime, d'après ces observations mêmes, que, de temps en temps, la vitesse a pu

atteindre momentanément 145 kilomètres, ou 40 mètres par seconde, vitesse correspondant à une pression de 190 kilogrammes par mètre carré.

M. Seyrig résume brièvement les observations auxquelles donne lieu l'examen de ce qui reste de l'ouvrage tombé. Les trois tabliers distincts qui formaient la superstructure des treize travées tombées, gisent couchés sur le côté, vers l'est de l'axe de l'ouvrage; ils sont constamment recouverts par l'eau, sauf à l'extrémité sud, où une partie a été découverte par une basse mer exceptionnelle. Il est difficile de dire dans quel état se trouvent ces travées. Les plongeurs ont signalé, en certains endroits, des ruptures complètes des membrures supérieures; mais leurs assertions ont besoin d'être contrôlées, cet examen sous l'eau étant très difficile.

Il est donc impossible de tirer de là des conclusions sérieuses, et il faut remettre à une époque ultérieure la discussion relative à la superstructure. Mais il en est autrement des restes des piles, qui sont plus facilement accessibles et qui nous fournissent de précieux renseignements.

Sur chaque pile en maçonnerie il reste des débris nombreux des colonnes en fonte. Les socles des arbalétriers sont presque toujours restés en place, plus ou moins intacts. Sur l'une des piles (n° 3) le premier étage est resté presque en entier; sur une autre (n° 1) les deux premiers étages subsistent. Les dix autres piles sont démolies jusqu'au socle. Le pêle-mêle des colonnes n'indique pas dans quel sens s'est fait leur mouvement, mais la maçonnerie porte, presque à chaque pile, des traces indubitables qu'il y a eu, à un moment donné, un commencement de soulèvement du côté de l'ouest, c'est-à-dire du côté d'où venait le vent. Les deux piles où cet effet est le plus marqué, sont celles où l'on suppose que se trouvaient les extrémités des tabliers indépendants, la 5e et la 9e en partant du sud.

Mais le tablier est tombé si près des fondations qu'il a dû arracher successivement presque tous les étages des différentes piles, une fois qu'il s'était mis en mouvement dans sa chute. On ne discernera donc pas facilement par la position des pièces quelle partie a cédé d'abord. L'examen de détail, au contraire, indique par où le mouvement a certainement dû commencer. Nous avons fait remarquer plus haut de quelle façon sont attachées les barres des diagonales de ces piles. Un seul boulon les relie à l'oreille venue de fonte avec la colonne. Presque toutes ces oreilles, dans les colonnes restant visibles, sont arrachées là où les barres travaillaient à la tension. Or nous avons vu que ces barres elles-mêmes étaient faites en fers plats de 127mm d'épaisseur. Elles ne pouvaient donc jamais résister en travaillant à la compression. En fait, celles de ces barres qui, par suite de la direction du vent, subissaient une compression, se sont voilées, mais n'ont pas toujours arraché leurs attaches. Il semble donc que ce soit sur ces diagonales que doit porter avant tout l'examen critique. Elles seules devaient résister à l'effort tranchant horizontal qui se produisait dans la pile, et si elles sont reconnues insuffisantes, leur faiblesse suffit pour rendre compte de tout l'accident. Que telle colonne se soit rompue sous l'écrasement général ou que le mouvement de l'ensemble ait descellé quelques pierres, cela importera

peu si les contreventements sont trop faibles, car ces pièces rompues, il ne reste plus absolument rien pour s'opposer au renversement en bloc des arbalétriers presque verticaux et du tablier qu'ils supportent.

Dans la vérification de la stabilité, il convient, semble-t-il, de prendre pour l'effort du vent celui qui a été constaté dans cette même soirée, à un autre endroit du pays, il est vrai, mais nullement assez loin pour qu'on puisse avancer avec certitude que les conditions météorologiques étaient autres. On appliquera donc à l'ouvrage la charge latérale de 122 kil. par mètre carré, qui correspond à la vitesse de 116 kilomètres à l'heure, observée par M. Grant, à Glasgow.

Si l'on fait le calcul de la surface offerte au vent par les grandes travées, on trouve que cette surface est d'environ 160^{mq}50 pour une poutre; de 24^{m}30 pour le platelage, les rails, garde-corps, etc. — On sait que la deuxième poutre est en partie recouverte par la première, et que le vent qui la frappe est moins violent que sur la surface directement exposée. Nous admettons, pour tenir compte de cette différence, que l'effort sur la seconde poutre n'est que la moitié de celui agissant sur la première. De cette façon nous arrivons à évaluer à 265^{mm} la surface totale d'une travée.

Le train qui passait sur le pont avait une surface que l'on peut estimer assez exactement à 227^{mq} pour la longueur d'une travée.

Enfin la surface de la pile peut être évaluée à 76^{mq} exposés au vent.

Le poids d'une travée comprenant les poutres, les pièces de la voie et du contreventement, le plancher et la voie, est estimé à 320 tonnes.

Le poids d'une pile est de 110 tonnes.

Si l'on part de ces données, voici les résultats auxquels l'on arrive :

Considérant l'ensemble d'une pile et de la travée qui lui correspond sans la surcharge du train, le moment de stabilité est de 1035^{tm} par rapport au centre de l'un des groupes de 3 colonnes qui forment la pile, et qui peut être regardé comme un point d'appui unique. Le moment de renversement dû au vent est, dans ce cas, égal à 1087^{tm}.

Sous le passage du train pesant 130 tonnes, le moment de stabilité est de 1349^{tm}, tandis que le moment de renversement obtenu en négligeant la deuxième poutre masquée en grande partie par le train, est de 1597. On voit que dans les deux cas il y a une tendance au renversement, qui doit être combattue par les ancrages des piles. — Nous avons vu que ces ancrages ne prenaient que deux assises de pierres, qu'ils étaient par conséquent insuffisants, et que la plupart des piles portaient des traces d'un commencement de soulèvement.

On peut, par ce même calcul, déterminer le coefficient de travail du métal des colonnes. Ce travail ne dépasse pas 5^{k}5 de compression par millimètre carré.

On a dit que le tablier ou le train seul avait dû commencer par être renversé par le vent avant la chute des piles. Si l'on examine la stabilité du tablier seul, on trouve qu'il a par travée un moment résistant de 800^{tm}. La tendance au renversement n'est que 148^{tm}.

Avec le train ces chiffres deviennent 1125^{tm} comme résistance, et 187^{t}6 comme moment de renversement.

Le train spécial seul, en considérant les wagons les plus légers, donne, à 122^{k} par mètre carré, 7780 mètres-kilog. pour le renversement, et seulement 7500 comme résistance. Un seul de ces wagons se trouvait dans le train, et les autres donnent une résistance supérieure. On ne peut donc pas se baser d'une manière absolue sur la comparaison de ces chiffres pour dire que le train a été renversé le premier, causant par la destruction des treillis celle des poutres.

Mais venons-en aux diagonales des piles dont nous parlions plus haut. Appliquant les mêmes éléments de calcul au cas du passage du train, nous trouvons à la base de la pile un effort tranchant horizontal de 59^{t}5. Deux barres seulement, une de chaque côté de la pile, doivent être considérées comme résistant à cette traction, et, en la projetant sur leur direction, on trouve qu'elles devaient chacune subir un effort de 43^{t}5. — Or la section de ces barres, quand on en déduit le trou percé pour le passage de l'unique boulon d'attache, est de 982 millimètres carrés, ce qui donne une tension par millimètre carré de 44^{k}3.

Le même effort se transmet aux oreilles venues de fonte sur les colonnes, auxquelles s'attache la barre de treillis. Si l'on calcule la section de ces oreilles au point le plus faible, on trouve une section cumulée de 4572 mill. carrés pour les deux. Le coefficient de travail atteint donc 9^{k}5, c'est-à-dire qu'il est tout voisin de celui de rupture.

Et en fait ces pièces, les diagonales et leurs attaches en fonte, sont presque partout brisées. Dans quelques cas on peut attribuer cette brisure à la chute des pièces; mais, dans la plupart, il est au contraire infiniment probable que c'est l'effort direct auquel elles étaient soumises, qui les a arrachées. Le fer paraît partout d'excellente qualité, les pièces tordues sont en général restées saines, mais quelle que fût cette qualité, elle ne pouvait éviter les inconvénients résultant d'une insuffisance manifeste de section. Il convient, jusqu'à la conclusion de l'enquête très approfondie qui se prépare, de réserver un jugement définitif. Mais quel que soit ce jugement, on peut, dès maintenant, affirmer que nombre de parties de la construction étaient tellement faibles, qu'il faut plutôt s'étonner que la catastrophe ne se soit pas produite depuis longtemps.

M. Eiffel désire ajouter quelques mots à ce qui vient d'être dit au sujet du pont de la Tay; il est d'accord avec M. Seyrig, sur la conclusion immédiate tirée de l'examen des faits, c'est-à-dire que la chute de l'ouvrage doit être attribuée à l'action du vent et à la dislocation des piles sous cette action; mais les calculs auxquels il a été conduit par cet examen, donnent des résultats présentant des différences notables avec ceux qui viennent d'être indiqués, et d'après lesquels les barres de contreventement auraient manifestement travaillé à un coefficient supérieur à celui de la rupture. Il fait d'abord remarquer que l'on se place dans des conditions qui ne sont pas celles de la réalité, en supposant que la rotation des piles peut s'effectuer

autour du centre de gravité de la base triangulaire de l'un des groupes de colonnes. Il est plus exact, surtout en raison de l'amarrage presque nul des colonnes qui rend incapable les colonnes extrêmes de travailler à l'extension, d'admettre que la rotation a lieu autour de la colonne extrême d'avant-bec. De plus, il fait observer que M. Seyrig n'a considéré, dans le calcul du contreventement des piles, que les barres de treillis placées dans les deux faces perpendiculaires à l'axe de la poutre, tandis qu'on doit tenir aussi compte de celles qui se trouvent situées dans les faces extrêmes de l'hexagone et qui agissent suivant leur projection dans le plan des premières. En faisant le calcul dans ces conditions, M. Eiffel arrive à un coefficient de travail de 12 à 15 kilogrammes seulement, au lieu des 40 kilogrammes indiqués par M. Seyrig. Celui de la fonte à la compression est de 40 kilogrammes environ.

M. Eiffel demande ensuite à présenter quelques considérations relatives à la construction des piles métalliques en général. Il appelle tout d'abord l'attention sur l'insuffisance évidente de la base d'appui des piles, dans l'ouvrage en question : il était aisé de voir et il est facile de justifier par le calcul, qu'il ne pourrait résister aux efforts transversaux généralement admis en France, et cela à cause du fruit beaucoup trop faible donné aux arbalétriers et de la complète insuffisance de leur amarrage.

Dans les viaducs sur piles métalliques établis sur le réseau de la Compagnie d'Orléans par M. Nordling (dont deux ont été construits par M. Eiffel), les arbalétriers étaient en fonte comme au pont de la Tay, mais ils avaient plus de fruit et étaient en outre soutenus, à une certaine hauteur, par des contre-fiches latérales fortement amarrées à la maçonnerie. Ce genre de construction a été appliqué, notamment, au viaduc de la Sioule, sur la ligne de Commentry à Gannat : les arbalétriers, au nombre de quatre seulement, se projettent, avec les contre-fiches, suivant une forme hexagonale en plan, analogue à celle du pont de la Tay. Or, ce viaduc a déjà subi une forte épreuve : sous l'influence d'un vent extrêmement violent, un wagon chargé de paille a été renversé et a produit un déraillement à la suite duquel plusieurs véhicules ont été précipités d'une hauteur de 60 mètres. L'ouvrage n'a nullement souffert de cet accident, qui n'a eu, heureusement, aucune conséquence fâcheuse. Néanmoins, il faut reconnaître que ce type de construction laisse à désirer en quelques points : les contre-fiches, que l'on a faites courbes pour l'aspect, travaillent dans des conditions peu favorables à la résistance, et la concentration des efforts latéraux en un point unique n'est pas sans inconvénients; aussi a-t-on été conduit à exagérer l'épaisseur de ces contre-fiches, sans arriver pour cela à une solution complètement satisfaisante.

Une difficulté, résultant de l'emploi des arbalétriers en fonte, est l'attache sur les colonnes des pièces formant le contreventement; M. Seyrig a signalé l'assemblage très difficultueux employé trop fréquemment dans les ouvrages anglais, et consistant en un simple boulon traversant l'entretoise, et passant avec un fort jeu dans le trou brut de fonte d'une oreille venue à la colonne;

ces pièces donnent presque toujours lieu à des soufflures et sont disposées à casser.

Selon M. Eiffel, c'est probablement même à la complète insuffisance de cet assemblage, plus encore qu'à l'insuffisance de la section des barres, que paraît être due la dislocation du contreventement, et c'est peut-être la cause principale de l'accident, ou tout au moins le premier effet de la flexion des piles sous l'effort du vent. Il résulte, en effet, de l'examen des photographies extrêmement intéressantes, publiées par l'*Engineering*, de l'aspect détaillé de chacune des piles après l'accident, qu'il y a un grand nombre de barres qui présentent cette circonstance curieuse, qu'elles ne sont pas brisées, mais qu'elles ont arraché leurs oreilles, et que les boulons d'attache y restent encore suspendus. C'est là un fait capital qui mérite la plus sérieuse attention.

M. Eiffel signale à ce sujet à la Société un mode d'assemblage qu'il a appliqué au viaduc de la ligne de Commentry à Gannat, et qui s'est peu répandu, malgré les excellents résultats qu'il a donnés. Il consiste en un gousset en fer dans lequel on a, au préalable, pratiqué des ouvertures rectangulaires, et que l'on place dans le moule de la colonne; la fonte liquide remplit ces ouvertures, et forme ainsi une série de tenons présentant une grande résistance au cisaillement. C'est sur ce gousset que viennent se river les barres de contreventement, et l'on sait que la rivure donne à l'assemblage une bien plus grande rigidité que l'emploi des boulons. Ce mode d'insertion du fer dans la fonte à l'aide d'ouvertures pratiquées dans les pièces de fer a donné toute satisfaction, malgré les défiances qu'il avait tout d'abord inspirées.

Mais l'emploi de la fonte pour les arbalétriers donne lieu à une objection plus grave que les précédentes : c'est l'élasticité de ce métal et la flexibilité qui résulte pour l'ensemble de la pile et une série de joints établis par de simples contacts, lesquels peuvent être plus ou moins imparfaits; le remplissage des colonnes avec du mortier de ciment qui forme un lest d'une faible importance, n'augmente pas notablement la résistance; il n'empêche pas toujours des accumulations d'eau qui, par l'effet de la gelée, produisent des ruptures dangereuses et nécessitent le remplacement des pièces brisées, quand toutefois on peut l'effectuer, ce qui n'a pas toujours lieu. Ce sont ces motifs qui ont conduit, dans quelques ouvrages récemment construits, tels que le pont du Douro, à proscrire d'une manière absolue l'emploi de la fonte. Les arbalétriers sont alors composés de caissons en fer, formant un pylône d'un aspect assurément moins gracieux que les colonnes, mais présentant une sécurité plus complète. Ces caissons carrés ont $0^m,50$ de côté et sont formés par des tôles pleines. Dans les piles que M. Eiffel construit actuellement pour la Compagnie de la Beira (Alta Portugal), la face pleine intérieure est remplacée par un treillis qui rend accessibles les parties intérieures.

M. Eiffel aborde ensuite la question du contreventement, qu'il considère comme de la plus haute importance. Dans les viaducs construits jusqu'à ce

jour, tant en France qu'à l'étranger, on se contentait d'employer à cet effet, soit de simples triangles, ainsi que le font les Américains et les Anglais, soit des fers en U de faible échantillon, en sorte que l'on ne pouvait guère admettre pour ces barres, généralement très longues, une résistance effective à la compression : il y a donc, dans un tel système, des pièces qui travaillent à l'extension, et d'autres qui se dérobent sous l'effort. Or, les piles métalliques se comportent comme les arbres battus par le vent : elles subissent des oscillations tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; de sorte que les barres de treillis, par suite de ce balancement continuel, passent, dans un intervalle de temps très court, de l'extension à la compression. Cet effet se traduit par des vibrations qui atteignent, dans certains cas, une intensité considérable. M. Eiffel indique qu'il s'est attaché à faire disparaître cet inconvénient, en donnant à chaque diagonale la possibilité de résister à un effort de compression, et en la composant dans ce but de caissons en treillis qui viennent pénétrer entre les deux faces des caissons des arbalétriers, et qui y prennent une attache rivée d'une grande rigidité. On obtient ainsi un entretoisement extrêmement rigide et qui supprime ou du moins atténue singulièrement les vibrations; en somme, on constitue sur les grandes faces des piles de véritables poutres métalliques à doubles parois, qui sont dans les meilleures conditions de résistance; on peut alors augmenter beaucoup la hauteur des étages, qui atteint dix mètres au lieu de quatre à cinq mètres usuels. C'est l'application de ce principe que, dans les bonnes constructions métalliques, il faut faire intervenir un petit nombre d'éléments, en les faisant très forts.

M. Eiffel résume les quelques considérations qu'il vient de présenter en insistant sur la différence capitale qui existe entre le mode de construction employé au pont de la Tay, et celui qui est en usage en France : ici, on donne aux piles un fruit de 8 à 9 centimètres par mètre au moins, ce qui aurait conduit, dans le cas considéré, à une base de $9^m,00$ ou $9^m,50$, au lieu de $6^m,50$ réalisés. Ensuite, les boulons de scellement qui, au pont de la Tay, n'intéressaient que très imparfaitement deux assises de pierres, auraient été remplacés par des ancrages formés de tirants robustes de plusieurs mètres de longueur, clavetés sous des sommiers et noyés dans la maçonnerie. Enfin si, en plus des deux conditions ci-dessus, les contreventements des piles avaient eu une importance réelle, c'est-à-dire si leur section avait été suffisante, et si surtout ils avaient été bien attachés, il est très probable que l'accident ne se serait pas produit. C'est à ces trois causes, et à la dernière surtout, que M. Eiffel attribue la chute de l'ouvrage.

M. Périssé ne peut admettre, ainsi que les dernières paroles de M. Eiffel peuvent le faire supposer, que l'ouvrage aurait résisté si les piles avaient été construites suivant les règles de l'art. Il demande à faire ses réserves au sujet de la résistance du tablier du pont, pour lequel M. Seyrig n'a pas été en mesure d'apporter aujourd'hui des renseignements précis. Le tablier a eu à supporter le premier les efforts considérables que le vent a exercés, efforts plus ou moins horizontaux ayant

pour tendance de renverser les poutres de rive. M. Périssé pense que ces poutres n'étaient pas constituées pour résister à des efforts latéraux aussi violents. Au droit de la pile, il n'existe qu'un seul montant avec contreventement vertical : il lui semble, à l'inspection du dessin, que les pièces sont insuffisantes; lorsque leurs dimensions seront connues, le calcul pourra être fait, et il indiquera qu'en ce point aussi le métal travaillait à un coefficient voisin du point de rupture; s'il en était ainsi, il faudrait en conclure que le tablier a cédé le premier.

M. Morandière. M. Eiffel a donné connaissance d'un accident occasionné par le vent sur le viaduc de la Sioule. A la suite de cet événement, M. Sévène, directeur des travaux et de l'entretien de la Compagnie d'Orléans, a fait étudier un appareil destiné à donner un signal d'avertissement dès que la vitesse du vent atteint une certaine limite. Cet appareil sera mis prochainement en service, s'il ne l'est pas déjà.

M. Seyrig dit qu'il a été frappé au premier abord de la différence entre les chiffres qu'il a obtenus pour le travail du fer, dans les barres de contreventement, et ceux indiqués par M. Eiffel; mais cette différence s'explique en remarquant que M. Eiffel a fait entrer dans son calcul la résistance des barres contenues dans les faces extrêmes de l'hexagone. Cependant, M. Seyrig ne croit pas, à cause surtout du mode de construction, que l'on puisse compter sur ces pièces, placées dans un plan incliné à 45° sur les faces latérales; si l'on répartit le travail entre trois séries de pièces au lieu d'une, il est naturel que l'on trouve un coefficient voisin de 15^k au lieu de 45^k. Théoriquement le travail sur les barres placées dans ces plans inclinés est considérablement moindre que celui des barres placées dans les faces parallèles.

M. Eiffel répond qu'il n'a pas attribué aux barres situées dans les faces inclinées une résistance équivalente à celle des autres barres, mais il lui semble impossible de n'en tenir aucun compte. En effet, la flexion de l'une des colonnes intermédiaires entraîne, par l'action de l'entretoisement horizontal, un déplacement semblable dans les colonnes extrêmes et développe des efforts de traction aussi bien dans les diagonales extrêmes, que dans les intermédiaires; seulement, cet effort des diagonales extrêmes ne résiste à l'effort tranchant, supposé agissant dans le plan des faces perpendiculaires du pont, que par sa projection sur ce plan, et cet effet n'est que de 70 pour 100 de celui qu'il produirait si les barres étaient dans ce plan.

Il ajoute qu'il est nécessaire que la réunion des colonnes opposées de deux faces soit faite par un entretoisement robuste, et il ne lui a pas semblé qu'il en fût ainsi en exécution au moins à tous les étages; mais les renseignements lui manquent à cet égard.

M. Seyrig ajoute quelques détails complémentaires sur cet entretoisement dont il avait à dessein omis de parler, afin de ne pas compliquer la description.

M. Jordan demande quelle valeur peuvent avoir les arguments donnés par certaines personnes qui font intervenir le froid parmi les causes déter-

minantes de l'accident, et font jouer un rôle au béton formant le remplissage des colonnes.

M. Seyrig répond qu'on n'a fait aucune constatation directe de l'action du froid sur les colonnes; quant au mortier de ciment qui les remplissait (le même qui avait été employé dans les soubassements en maçonnerie où il est parfaitement conservé), on l'a trouvé en certains points en bon état, et présentant, dit-on, une grande dureté; dans d'autres, au contraire, il est assez friable pour s'écraser sous la pression du doigt, on le retrouve même à l'état de gravier et de poussière, phénomène qui a déjà été observé, paraît-il, dans d'autres circonstances.

M. Armengaud demande si la cause du désastre ne peut être attribuée à un déraillement préalable du train.

M. Seyrig répond que c'est précisément ce qui fait l'objet de l'enquête, et que l'on ne peut encore se prononcer sur ce point.

M. Morandiere demande à M. Seyrig si, en attendant les photographies officielles des piles ruinées, il a jeté un coup d'œil sur les dessins publiés par le journal anglais *Engineering*, du 30 janvier dernier, et s'il ne lui semble pas que pour la pile n° 5, supportant la travée où le train était engagé, le soulèvement des pierres du socle se soit produit précisément du côté où la chute a eu lieu.

M. Seyrig répond que M. Morandiere a pu confondre les côtés, parce que deux vues sont données pour cette pile, mais le soulèvement des pierres s'est bien produit à l'extrémité *ouest* de la pile.

M. le Président remercie MM. Seyrig et Eiffel des détails intéressants qu'ils ont bien voulu communiquer à la Société.

MM. Bouvret, Chassevent, Humbert et Potier de la Berthelière ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 20 Février 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président, avant de passer à l'ordre du jour, prononce les paroles suivantes :

La Société des Ingénieurs civils vient de faire une perte cruelle en la personne de M. le Général Morin.

Il y a des malheurs qui surprennent, bien qu'on doive s'y attendre. L'âge avancé de notre Président honoraire ne pouvait nous laisser grand espoir de le conserver bien longtemps parmi nous, mais nous étions tellement

habitués à le voir toujours si dispos d'esprit et de corps, qu'il nous faisait à tous oublier qu'il était né à la fin du siècle dernier, le 17 octobre 1795.

Il y a quelques mois à peine, il nous faisait l'honneur de nous appeler, pour l'entretenir des causes du désastre de Szegedin qui faisait l'objet d'une de ses dernières communications à l'Institut. Dans cette circonstance, il déployait encore une ardeur, une verve, un soin minutieux des détails, qui ne pouvaient nous laisser croire que nous avions affaire à un vieillard de 84 ans.

Habitués dans notre jeunesse à entendre ses leçons, et à nous servir alors journellement de son aide-mémoire et de ses livres sur la résistance des matériaux, dont un des premiers il a su rendre l'étude intéressante par ses applications et qu'il a, pour ainsi dire, vulgarisée, nous nous reportions à trente ans en arrière et croyions avoir toujours devant nous, le brillant professeur, déjà alors directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

Les ingénieurs lui doivent les premiers essais pratiques sur la résistance des matériaux, faits en France, dans la voie que Hodgkinson et Fairbairn venaient alors d'inaugurer en Angleterre, et la détermination des coefficients de résistance dont l'application forme la base des travaux journaliers des ingénieurs.

Les immenses services qu'il avait ainsi rendus à notre profession, le désignaient tout naturellement au choix de tous ; c'est ainsi qu'il fut, dès 1862, élu Président de la Société des Ingénieurs civils, qui se fit une gloire de le nommer ensuite son Président honoraire.

Sa perte laisse parmi nous, comme dans le monde savant en général, un grand vide, et en attendant qu'une notice nécrologique publiée dans nos *Bulletins*, vienne dire ce que l'on doit à ce Membre infatigable de l'Institut, à ce Directeur aimé du Conservatoire des Arts et Métiers, je tenais à rendre ici ce dernier hommage à notre plus ancien Président honoraire, dont la Société conservera toujours un inaltérable souvenir.

A peine cette première tombe venait-elle de se fermer, que nous apprenions la mort d'un camarade de promotion et ami du Général Morin, M. Antoine Gardeur Le Brun.

Bien que M. Le Brun ait cessé depuis quelques années de faire partie de notre Société, il nous appartenait cependant à un double titre, et comme beau-père de notre si dévoué, si estimable et si sympathique trésorier, et comme inspecteur général des écoles d'Arts et Métiers, dont sont sortis un grand nombre de nos collègues.

A ce double titre, vous me permettrez donc de vous en dire quelques mots, ne serait-ce que pour affirmer à notre collègue et ami M. Loustau, la part que nous prenons tous à sa douleur.

Antoine Gardeur Le Brun, né à Metz, le 13 juin 1795, entrait à l'École polytechnique le 1er novembre 1813 et en sortait en 1816. A cette époque il fut engagé comme ingénieur des fonderies de cuivre de Romilly, dont il devint directeur en 1828, position qu'il occupa jusqu'en 1833. Pendant cette

période de dix-sept ans, il fit faire des progrès considérables à la fabrication du laiton et du zinc.

En 1839, chef des travaux et des études à l'École de Châlons, il fut chargé en même temps du Cours de mécanique; en 1843, il fut envoyé à l'École d'Angers, comme chef des travaux et des études, et y resta jusqu'en 1846, époque à laquelle il fut nommé directeur de l'École de Châlons. Enfin, il fut inspecteur général des Écoles d'Arts et Métiers, de 1854 à 1870, époque de sa mise à la retraite.

Chevalier de la Légion d'honneur en 1848, il fut nommé officier en 1869.

Le procès-verbal de la séance du 6 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Seyrig répondant à une question posée dans la séance du 6 février au sujet des piles du pont de la Tay. On se souvient que ces piles sont composées de six colonnes formant les arêtes d'un prisme hexagonal non régulier, dans chacune des faces duquel se trouvent des barres diagonales de contreventement. M. Seyrig s'est proposé de rechercher quelle peut être la répartition des efforts provenant de l'action du vent, entre les diagonales situées dans les faces perpendiculaires à l'axe du pont, et celles contenues dans les faces extrêmes de l'hexagone, inclinées à 45° sur les premières. En tenant compte des diverses données du problème, il a trouvé que le rapport entre ces efforts est de 2,44. Évaluant ensuite l'effort horizontal du vent d'après la pression constatée de 122 kilogrammes par m^2, il trouve que cette force donne lieu à une tension de $29^k,3$ par mm^2 dans les diagonales des faces parallèles, et de 14 kilogrammes dans celles des faces obliques.

M. Seyrig croit à peine nécessaire de faire remarquer combien le plus fort de ces deux chiffres ($29^k,3$) dépasse la limite de prudence et se rapproche du coefficient de rupture; mais ce résultat explique mieux que jamais ce qui s'est passé, à savoir que ces barres ont encore résisté pendant que leurs oreilles d'attache venues de fonte cédaient sous le même effort. M. Seyrig pense que le calcul qu'il a présenté assigne à chaque pièce son rôle théorique, mais il ne croit pas cependant que l'on doive, dans une construction nouvelle, baser sur cette répartition des efforts les sections à donner aux pièces; il lui semble plus prudent de ne compter que sur la résistance des parties situées dans les plans parallèles, en négligeant celles contenues dans les plans obliques.

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'une lettre de M. le baron de Burg, conseiller aulique et membre de la chambre des Seigneurs d'Autriche, par laquelle il offre à la Société un exemplaire de son mémoire sur le calcul des soupapes de sûreté adaptées aux chaudières, mémoire présenté à l'Académie des sciences de Vienne, le 13 novembre 1879.

Ce mémoire contient en peu de mots les résultats des études et des essais nombreux auxquels a donné lieu une question aussi intéressante en théorie que extrêmement importante en pratique.

Sous ce dernier rapport, cette question présente d'autant plus d'importance, que toutes les ordonnances édictées jusqu'à présent par les divers gouvernements, et que toutes les formules prescrites pour le calcul des diamètres des soupapes, reposent sur des suppositions inexactes.

Ces formules donnent en général de trop petites dimensions, et au lieu d'être une garantie contre les explosions, elles provoquent au contraire les dangers qu'on a voulu éviter.

M. le baron de Burg serait heureux si ce travail pouvait contribuer à faire écarter les fausses formules en usage jusqu'à présent, et à faire introduire dans la pratique celles, calculées sur la base de la théorie mécanique de la chaleur (la seule avérée aujourd'hui), qui sont exposées dans ledit mémoire.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant M. de Burg, au nom de la Société, annonce que son travail a été renvoyé à M. Mallet pour en rendre compte.

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société que M. Ronna vient d'obtenir la médaille d'or de la Société des agriculteurs de France, pour son ouvrage sur le blé aux États-Unis d'Amérique.

M. ARSON croit devoir appeler l'attention des Membres de la Société sur le *Bulletin météorologique*, publication quotidienne, remplie des indications les plus intéressantes sur tout ce qui touche à l'étude des mouvements de l'atmosphère; ce Bulletin contient notamment des cartes figurant au moyen de signes conventionnels la direction et l'intensité des vents, la pression barométrique, la température, l'état de la mer, etc. M. Arson est persuadé qu'un grand intérêt s'attache à cette publication trop peu connue.

M. COTARD ajoute aux renseignements qui viennent d'être donnés par M. Arson, que le Bulletin en question, publié par le Bureau central de météorologie, est celui dont on trouve des extraits dans un certain nombre de journaux quotidiens. Le service de ce Bulletin, organisé par M. Leverrier, est actuellement sous l'habile direction de M. Mascard, qui a organisé cette publication avec le plus grand soin. Les indications en sont télégraphiées tous les jours dans les départements, ce qui tend à leur donner une grande publicité, et M. Cotard pense, comme M. Arson, qu'elles pourraient être consultées avec intérêt par les membres de la Société.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Abel Pifre sur les *Appareils solaires* et les services qu'ils peuvent rendre.

M. PIFRE prend la parole sur les appareils solaires, inventés par M. Mouchot, ayant pour but : l'utilisation directe de la chaleur du soleil pour les chauffages domestiques et industriels. Après avoir insisté sur ce point, que c'est dans les pays chauds, où l'action du soleil est presque continue, que le combustible est le plus rare, et que par suite l'utilisation de la chaleur solaire devra trouver ses applications les plus faciles et les plus avanta-

geuses, M. Pifre décrit l'appareil exposé en 1878 au Trocadéro, et les perfectionnements qu'il y a apportés depuis cette époque.

Les nouveaux récepteurs solaires se composent, comme les anciens, de quatre parties essentielles : le réflecteur qui concentre les rayons solaires, la chaudière qui les absorbe, une enveloppe de verre qui préserve la chaudière du refroidissement extérieur, enfin un bâti ou support avec mécanisme pour l'orientation convenable du réflecteur ; mais ces diverses parties ont été modifiées dans leurs formes respectives et dans leurs dispositions relatives les unes par rapport aux autres.

Le réflecteur primitif à génératrice rectiligne a été remplacé par un réflecteur à génératrice présentant une ou deux brisures. Cela permet : 1° d'augmenter le diamètre de la chaudière aux dépens de la hauteur. On lui fait ainsi absorber plus facilement les rayons solaires déviés de leur route de réflexion vers l'axe, soit à cause d'une orientation inexacte et momentanée de l'appareil, soit à cause du défaut d'exactitude mathématique de l'appareil, exactitude qu'il est difficile d'obtenir d'une manière continue ; 2° de produire, pour une même quantité de chaleur envoyée sur la chaudière, un chauffage meilleur et plus rationnel, parce que la zone de chauffage maximum qui se trouvait primitivement à la partie supérieure de la chaudière, se trouve notablement abaissée.

Cette nouvelle forme de réflecteur, en permettant de diminuer la longueur de la chaudière, a encore pour avantage de rendre plus stable l'équilibre de l'appareil.

Pour augmenter cette stabilité et pour rendre aussi la manœuvre plus facile, l'ancien mécanisme, produisant le mouvement parallactique, a été remplacé par un mouvement semblable à celui du théodolite, permettant de prendre un point d'appui sur une base de sustentation très solide.

Il y a deux sortes d'appareils, les uns, qu'on peut appeler *domestiques*, sont destinés à la cuisson des aliments, à la préparation du café, la distillation de l'eau, etc., pour un petit nombre de personnes ; les autres, les appareils *industriels*, peuvent servir aux mêmes usages pour un plus grand nombre d'individus, mais sont destinés surtout à la production de la force motrice.

M. Pifre indique que, d'après les expériences qui ont été faites, on peut compter sur une utilisation de 10 à 12 calories par minute et par mètre carré de surface des rayons du soleil, ce qui permet de vaporiser, par mètre carré d'ouverture de réflecteur et par heure, 1,13 kilogramme d'eau à la pression de cinq atmosphères : soit, pour un réflecteur de 20 mètres carrés d'ouverture, 22^{kg},60 de vapeur, quantité suffisante pour produire plus d'un cheval-vapeur.

M. Abel Pifre ajoute qu'avec un réflecteur de 6 mètres de diamètre, on peut produire 25 kilogrammes de vapeur à l'heure, et qu'en employant 2 appareils qui enverraient ensemble leur vapeur à un moteur muni d'un condenseur, il serait possible de produire une force de quatre chevaux. — Il examine les conséquences économiques de ce résultat dans les pays chauds où les

irrigations ont une grande importance, et termine en citant un exemple du parti que l'on peut tirer des appareils solaires pour la distillation.

Il signale en effet une application des plus intéressantes qui pourrait donner lieu à une industrie nouvelle et importante, la distillation des fruits du figuier de Barbarie, qui se rencontre partout en Algérie et y croît sans culture, même dans les terrains les plus rocailleux. 1000 kilogrammes de ces figues fournissent par la distillation 50 litres d'alcool à 80°, tandis que le même poids de betteraves ne produirait guère que 44 litres.

M. Auguste Moreau désirerait savoir pourquoi les auteurs de ces très intéressants appareils n'ont pas cherché à donner au miroir une forme se rapprochant de celle du paraboloïde, dont les propriétés, connues et très précieuses dans le cas actuel, auraient permis de concentrer toute la chaleur sur un même point et d'obtenir des résultats plus satisfaisants.

M. Pifre est d'accord sur les propriétés avantageuses que pourrait avoir la forme théorique du miroir; mais il faut considérer que ces appareils ont plusieurs mètres de diamètre, et qu'il en résulterait dans la fabrication une difficulté qui en augmenterait singulièrement le prix. D'ailleurs on peut voir, sur les appareils représentés en dessin, que l'on a cherché à se rapprocher de la forme indiquée en faisant des miroirs présentant en profil une ou deux brisures.

M. Auguste Moreau pense qu'en effet la construction des paraboloïdes rigoureux ne serait pas d'une réalisation pratique, aussi a-t-il voulu dire qu'on aurait pu se rapprocher de la parabole d'une façon très suffisante, en brisant le profil en deux ou trois points de plus que ne l'indique le dessin. Les rayons calorifiques mieux groupés auraient pu être envoyés sur une chaudière de forme voisine de la sphère ou de l'ellipsoïde, dont le centre eût été placé au foyer même de la parabole; on aurait ainsi obtenu une meilleure utilisation de la chaleur solaire et un accroissement sensible du rendement, considération fort appréciable avec ces appareils dont la puissance reste limitée.

M. Pifre répond que le manchon de verre qui entoure la chaudière, et dont l'utilité est incontestable, est une objection contre l'adoption d'une chaudière de forme sphérique. De plus, il y aurait dans ce cas accumulation d'une grande masse de liquide vers le centre, condition peu favorable à l'échauffement de l'eau quand on ne peut la chauffer par sa partie inférieure.

M. Auguste Moreau ne pense pas que le réservoir sphérique soit un obstacle au chauffage, à cause des mouvements intérieurs du liquide dont la puissance est bien connue. Mais en outre, cette forme serait préférable au long cylindre actuel, en ce sens qu'elle permettrait de diminuer considérablement le porte à faux que M. Pifre lui-même a considéré comme un inconvénient.

M. Pifre répond que la nouvelle disposition adoptée, en raccourcissant beaucoup la chaudière et en donnant au réflecteur un point d'appui fixe, a remédié à l'inconvénient du porte à faux, il insiste sur la nécessité d'en-

tourer la chaudière d'un manchon de verre, qui constitue une des principales objections contre l'emploi de la forme sphérique.

M. le Président remercie M. Pifre de son intéressante communication, et donne ensuite la parole à M. Cotard qui désire présenter quelques considérations au sujet d'une *question préjudicielle*, relative à l'ensemble du *programme général des travaux publics*.

La question de construction et d'exploitation des chemins de fer peut assurément faire l'objet d'une discussion spéciale très importante, mais cette question ne devrait peut-être intervenir qu'en seconde ligne, après que l'on aura examiné si les travaux projetés sont bien ceux qui répondent le mieux aux besoins actuels du pays, et au meilleur emploi de son épargne.

Dans le programme du ministre des travaux publics, les chemins de fer entrent pour 4 milliards, les nouveaux canaux à construire pour 400 millions, les ports pour une somme restant à déterminer. Quant aux travaux agricoles, c'est-à-dire ceux qui ont pour objet l'amélioration proprement dite du sol, il n'en est pas même fait mention.

Il y aurait donc lieu, avant tout, d'examiner si la part presque exclusive faite aux chemins de fer dans cette répartition n'est pas excessive, si les canaux ne sont pas quelque peu sacrifiés, et si enfin il n'y aurait pas une revendication à faire en faveur de l'agriculture. On ne doit pas se dissimuler, en effet, que le pays traverse une crise économique assez grave. L'agriculture est dans une situation extrêmement difficile qui met le cultivateur dans une véritable détresse, et à laquelle il est urgent de porter remède. C'est là un problème à la solution duquel des travaux publics convenablement appropriés peuvent prendre une part considérable. Il a bien fallu, pour le gouvernement, donner des arguments de nature à justifier les ressources si inégalement accordées aux chemins de fer, d'une part, et aux canaux de l'autre; M. Cotard croit qu'il y aurait intérêt à examiner d'abord la valeur de ces arguments, qu'il se propose de passer rapidement en revue.

L'exposé des motifs s'appuie sur cette opinion que l'utilité d'un chemin de fer ne doit point être mesurée à la remunération des capitaux engagés dans sa construction, et évalue de la façon suivante l'économie réalisée par l'établissement d'une voie ferrée : le transport sur route, dit-on, coûte moyennement 30 c. par tonne; tandis que le prix payé par chemin de fer est environ de 6 c. C'est un rapport de 5 à 1. Partant de là, on suppose que les 19,000 kilomètres de chemins de fer déjà concédés, en construction ou à construire, auront une recette brute de 7,000 francs par kilomètre, chiffre très contestable, si l'on considère la décroissance rapide du trafic à mesure que l'on construit des réseaux nouveaux; l'économie réalisée sera donc $5 \times 7{,}000 = 35{,}000$ francs dont il faut déduire les frais d'exploitation, soit encore 7,000 francs, reste 28,000 francs. Or, si l'on dépense

200,000 francs pour l'établissement de chaque kilomètre, l'économie réalisée représenterait un revenu effectif de 14 pour 100 du capital dépensé. Tout d'abord, le chiffre de 200,000 francs paraît trop faible; il n'est pas douteux que l'on atteindra au moins 250,000 francs en y comprenant l'intérêt des capitaux pendant la construction. De plus, les chemins de fer sont bien loin de tirer la totalité du trafic de celui des routes, et la meilleure preuve qu'on en puisse donner, c'est que le trafic sur les routes n'a pas sensiblement varié depuis l'établissement des chemins de fer; c'est un trafic nouveau qui s'est créé en faveur de ceux-ci. On se trompe donc en basant un calcul sur cette hypothèse, que le trafic de 7,000 francs sera emprunté en totalité aux routes. Celles-ci n'y contribueront que dans une proportion variable et souvent assez faible, ce qui change totalement le calcul du rendement. Il vaudrait beaucoup mieux, comme l'a fait M. Marché, baser les évaluations de bénéfices sur le prix réel de transport. On eût alors reconnu que ce prix pourra, sur des lignes à faible trafic et à petit parcours, dépasser 20 centimes et atteindre même le prix payé sur les routes, et que beaucoup des lignes nouvelles projetées, loin de procurer au pays les bénéfices dont il a été question plus haut, seront un instrument de transport des plus onéreux. Le réseau actuel, considéré dans son ensemble, arrive à peu près à la rémunération des capitaux engagés. Mais l'adjonction de nouvelles lignes improductives aura pour résultat certain de conduire à un déficit. Il est donc à croire que l'on est assez près de la limite du développement auquel doit atteindre le réseau d'intérêt général.

Reste à examiner maintenant la situation des canaux; c'est un point qui offre quelque difficulté; car il n'existe pour ainsi dire pas de réseau de canaux en France. On évalue la longueur des voies navigables à 10,000 kilomètres; mais ce développement ne peut être considéré comme effectif, car les voies actuelles ne constituent pas un réseau homogène. Cependant, malgré l'état déplorable où elles se trouvent, leur trafic est en moyenne de 200,000 tonnes kilométriques, c'est-à-dire la moitié de celui des chemins de fer; ce qui est un chiffre déjà respectable. On peut se faire une idée de ce que serait le transport par les canaux s'ils étaient dans des conditions de navigabilité convenables, en considérant les canaux du Nord, dont le trafic kilométrique est presque *double* de celui des marchandises sur le réseau du chemin de fer du Nord. C'est là un résultat fort important, et il est bien certain que si les canaux étaient mieux organisés, s'ils faisaient tous partie d'un réseau mieux conçu, on arriverait pour la totalité des voies navigables du territoire à quelque chose de comparable, toute proportion gardée, à ce qui se passe pour les réseaux du Nord. On peut admettre que les transports par eau seraient, dans ce cas, d'importance égale à ceux par chemins de fer, soit de 400,000 tonnes environ. En supposant un tarif de 2 centimes, qui présenterait sur celui des chemins de fer une économie de 4 centimes, cette économie se chiffrerait par 16,000 francs pour chaque kilomètre de canal, soit l'intérêt à 5 pour 100 d'un capital de 320,000 francs. Or, les canaux coûtent beaucoup moins que les chemins de fer comme

établissement et entretien. Il a été dépensé environ 100,000 francs par kilomètre pour les 10,000 kilomètres de voies navigables existantes. La dépense de 500 millions prévue pour leur amélioration représente 50,000 francs par kilomètre et portera leur coût à 150,000 francs.

Quant aux nouveaux canaux à construire, on peut aussi prendre pour base un prix d'établissement de 150,000 francs, cela correspond à un intérêt de 7,500 francs seulement.

Le bénéfice de 16,000 francs réalisé par les canaux sur les transports par chemins de fer, représente ainsi un intérêt de plus de 10 pour 100 du capital engagé de 150,000 francs.

Mais on peut aller plus loin : si l'on considère que chaque kilomètre de chemin de fer coûtera 250,000 francs, ce qui correspond à 12,500 francs d'intérêts, auxquels il faut ajouter 7,000 francs de frais d'exploitation, soit un total de 19,500 francs; que de plus la recette supposée de 7,000 francs correspond (au tarif moyen de 6 centimes) à 115,000 tonnes kilométriques, en divisant 19,500 par 115,000, on obtient le chiffre de 17 centimes représentant le coût de transport de la tonne kilométrique. L'économie réalisée par les canaux est donc, dans ce cas, de 15 centimes par tonne; et si l'on fait le calcul des intérêts du capital engagé, on trouve qu'un transport par canaux de 65,000 tonnes seulement suffit pour assurer une rémunération suffisante au capital de 150,000 francs, que représente leur coût d'établissement.

Or, si on suppose un premier réseau de canaux comprenant les 10,000 kilomètres actuels, auxquels il serait ajouté de 3 à 4,000 kilomètres nouveaux destinés à le compléter, on peut admettre que le trafic de ce premier réseau atteindra 400,000 tonnes. Mais il restera encore une large place pour un second réseau qui pourra être étendu jusqu'à ce que son trafic descende à 65,000 tonnes.

Sur le premier réseau le prix de revient des transports, y compris l'intérêt des capitaux, ne dépassera pas 4 centimes; tandis que ce prix ne sera pas inférieur à 17 centimes sur les nouveaux chemins de fer que l'on se propose de créer.

En résumé, nous voyons que, d'une part, on est pour les chemins de fer très près de la limite à laquelle l'entreprise, considérée dans son ensemble, deviendra onéreuse; et que, d'autre part, on est bien loin de cette limite pour les canaux. Il serait donc très grave, dans un moment où le pays a besoin de trouver dans une réduction des dépenses de transport un moyen d'accroître sa production et de produire à meilleur marché, d'appliquer les ressources qu'il peut consacrer aux travaux publics dans la proportion de *dix* aux chemins de fer et de *un* aux canaux. Quelle que soit la répartition à adopter, on peut affirmer que celle-ci ne répond point aux nécessités actuelles.

L'opinion publique, dit M. Cotard, est extrêmement préoccupée de la situation critique dans laquelle se trouve l'agriculture; la France est avant tout un pays agricole : c'est ce qui explique l'attente générale d'une solu-

tion. L'agriculture, qui naguère semblait ne point redouter la concurrence étrangère, en arrive aujourd'hui à demander protection à des tarifs douaniers.

Les céréales qui se sont développées en Amérique d'une façon prodigieuse, arrivent, grâce aux facilités de transport, sur nos marchés, à des prix qui créent à la production française une concurrence contre laquelle elle a peine à lutter. Prend-on les moyens les plus efficaces pour remédier au mal? On demande aux chemins de fer l'abaissement des tarifs? Mais les grandes Compagnies sont dans l'impossibilité de les diminuer; les petites Compagnies n'ont pu le faire davantage; c'est ainsi que s'est fait jour cette opinion que l'État devait racheter les chemins de fer et même les exploiter lui-même. A moins de compenser d'énormes déficits d'exploitation par des augmentations d'impôts, l'État ne pourra, pas plus que les Compagnies, abaisser les tarifs qui ont déjà atteint sensiblement la limite du prix de revient, car ils sont moins élevés en France que dans la plupart des autres pays. Tout abaissement de tarif sera encore plus impossible sur les lignes nouvelles qu'on se propose de construire.

Le gouvernement, pressé cependant par les réclamations du public, a dû suivre l'entraînement général, et il ne faut point s'étonner des tentatives faites en ce moment pour l'exploitation d'un réseau d'État.

Ces tentatives ont leur origine dans l'idée fausse qu'on a eue de vouloir demander aux chemins de fer des services auxquels ils ne sont pas aptes.

Il n'y a qu'un seul moyen de donner satisfaction aux besoins actuels de transport à bon marché, c'est de chercher un outil mieux adapté à la fonction qu'il doit remplir; cet outil, c'est le *canal*. Et loin d'être pour les chemins de fer une concurrence nuisible, les voies navigables leur offriront au contraire un concours utile, en les débarrassant d'un surcroît de marchandises lourdes qui les encombrent. Il s'établira ainsi entre les deux modes de transport un partage de trafic, qui profitera aux chemins de fer aussi bien qu'aux canaux et qui réalisera, en tout cas, sans entraîner de charges comparables à celles qui résulteraient d'une réduction des tarifs de chemins de fer, l'abaissement que réclament le commerce et l'industrie dans les prix moyens de transport.

Relativement à la question de savoir qui construira les chemins de fer et qui les exploitera, on dit que l'industrie privée les construira plus rapidement que l'État : on peut se demander si c'est là un résultat désirable, et s'il y a lieu d'absorber, en moins de temps encore, toutes les ressources disponibles affectées aux travaux publics.

Le véritable argument en faveur du système des concessions à l'industrie privée, c'est que celle-ci ayant à se préoccuper du rendement des lignes, sera meilleur juge que l'État pour apprécier celles qu'il est le plus utile de construire et que l'intervention de l'État, d'autant moins utile que les mérites de l'œuvre à entreprendre sont plus connus, doit être réservée de préférence aux œuvres nouvelles, que l'initiative privée est à elle seule impuissante à créer.

Enfin, M. Cotard aborde une dernière question, celle de l'industrie agricole; il a déjà fait ressortir l'état fâcheux dans lequel elle se trouve. Une protection douanière, en supposant qu'elle soit possible et opportune, n'amènera jamais qu'une amélioration plus ou moins instable. Le véritable remède c'est de produire davantage et à meilleur marché, et pour cela, il faut améliorer le sol et abaisser les prix de transport. Le gouvernement a bien dit qu'il était tout disposé à encourager, à soutenir l'agriculture, à s'occuper des canaux d'irrigation; mais en somme, ces travaux ne rentrent pas dans le programme général des travaux publics; or, ce n'est ni avec des promesses, ni avec des encouragements que l'on aurait pu exécuter les chemins de fer. Il y a un premier effort à faire, et c'est celui-là qui doit être demandé à l'État, pour l'exécution des travaux agricoles, comme cela a été fait pour les chemins de fer et autres œuvres d'utilité publique.

Sans entrer dans l'examen détaillé des travaux agricoles à entreprendre et notamment des canaux d'irrigation, M. Cotard relève quelques chiffres dans les conclusions de la Commission supérieure des Eaux :

Chaque hectare irrigué donne 200 francs de revenu et 4000 francs de plus-value foncière au sol; il y a aujourd'hui 200,000 hectares de prairies irriguées; 1,500,000 hectares de prairies naturelles, au bord des rivières, d'une qualité d'ailleurs très variable, c'est-à-dire 1,700,000 hectares arrosés. En supposant que l'on double seulement cette étendue par une meilleure utilisation des eaux qui tombent à la surface du sol, on obtiendrait une plus-value foncière de plus de six milliards.

Les dépenses de canalisation étant d'environ mille francs par hectare, le coût de ces travaux n'atteindrait pas deux milliards.

Sans doute, c'est une dépense considérable, mais à ce prix, on transformerait radicalement la valeur commerciale de la France, et on augmenterait dans une proportion énorme la production du pays.

M. Cotard ajoute que si la construction de 20,000 kilomètres de chemins de fer est maintenue, tout au moins devrait-on la répartir sur une période très supérieure à dix années, de façon à reporter une partie importante des ressources actuelles sur l'amélioration immédiate et le complément du réseau des voies navigables.

Au point de vue exclusivement agricole, il n'y aurait pas seulement à encourager les populations, mais à envisager cette partie du travail comme une œuvre d'utilité générale, et à examiner, dans chaque bassin, ce qu'il y aurait à faire pour une bonne répartition des eaux. On pourrait ainsi dépenser pour les chemins de fer 2 milliards, pour les canaux 1,500 millions, et pour les travaux d'irrigations une somme comparable.

M. Cotard conclut en disant qu'il s'agit précisément et avant tout de déterminer l'œuvre à accomplir, et de rechercher la meilleure répartition des ressources disponibles entre les divers travaux qui peuvent concourir le plus efficacement à la prospérité du pays.

C'est une question des plus importantes et qu'il appartient aux pouvoirs publics de résoudre.

M. Letellier ne croit pas, comme M. Cotard l'a supposé, que l'on doive évaluer à 250,000 francs le prix de revient kilométrique du nouveau réseau de chemins de fer, et il pense que l'on pourra, dans beaucoup de cas, se tenir notablement au-dessous de cette limite. Il tient en outre à faire remarquer que, contrairement à l'opinion émise par M. Cotard, une diminution considérable dans les transports sur routes a été le résultat de l'accroissement du trafic sur les voies ferrées.

M. Molinos prend la parole pour appuyer, en très grande partie du moins, les idées émises par M. Cotard, il se rallie à la plupart de ses conclusions, et croit comme lui qu'il serait très intéressant de faire intervenir dans la discussion une étude sérieuse sur la question des canaux. Ceux qui existent dejà en France ne peuvent malheureusement donner qu'une idée très imparfaite des services que peut rendre la navigation intérieure. Les canaux du Nord, que M. Cotard a pris pour exemple, sont eux-mêmes très loin de répondre à l'idée qu'on peut se faire d'un réseau bien organisé. Les avantages que l'on retirerait des canaux, peu appréciables pour les petites distances, deviendraient au contraire très importants dès que l'on atteindrait des parcours un peu considérables, 800 à 1,000 kilom., par exemple, sur lesquels la réduction des frais de transport donne une économie absolue très sensible.

M. Molinos est d'accord aussi avec M. Cotard au sujet de l'erreur trop répandue que les canaux et les chemins de fer ne peuvent pas coexister; ces deux moyens de transport, ne correspondant pas aux mêmes besoins, peuvent se développer parallèlement sans se nuire; il n'en citera qu'un exemple absolument frappant. Avant l'établissement de la ligne du Nord, la batellerie de l'Oise transportait 2 millions de tonnes; la concurrence du chemin de fer a eu pour premier résultat de faire baisser le trafic; mais il se releva bientôt après et ne tarda pas à revenir à son chiffre primitif, ce qui prouve que le chemin de fer s'était créé son trafic de toutes pièces répondant à des besoins nouveaux.

Cependant, M. Molinos ne partage pas l'avis de M. Cotard sur une question qu'il a considérée, suivant lui, comme beaucoup trop secondaire; c'est précisément celle des voies et moyens d'exécution pour les grands travaux publics. M. Molinos croit, au contraire, que c'est là une question de la plus haute importance, et qui intéresse aussi bien la navigation que les voies ferrées. En effet, quand on dit, avec M. Cotard, que l'on donne aux chemins de fer une extension trop considérable, ce n'est pas que l'on développe trop les voies de communication; cela veut dire que l'instrument proposé dépasse les besoins, est en un mot excessif; dans les 15,000 kilomètres projetés, 7 ou 8,000 peut-être, ne justifiaient que des tramways, c'est-à-dire des chemins autres que ceux à voie normale; d'où vient donc cette disproportion des moyens employés avec les résultats à obtenir? Elle vient précisément de ce que l'industrie n'a pas été appelée à concourir à tous ces projets; l'industrie aurait joué le rôle de modérateur,

en éclairant le gouvernement sur les véritables besoins à satisfaire et sur les justes mesures à adopter.

Il en est de même de la navigation, qui, laissée entre les mains de l'État, a toujours échappé à l'industrie privée; on peut juger, par son état actuel, si cette situation lui a été avantageuse. Elle semble encore aujourd'hui devoir paralyser leurs progrès sérieux. L'un des plus urgents, des plus indiscutables, était certainement de réaliser l'uniformité de la voie. Or, les projets en exécution ou en étude nous réservent une nouvelle variété de types qui vont s'ajouter à ceux que nous avons déjà le bonheur de posséder. On fait la Seine de Paris à Rouen, à 3 mètres de profondeur, pour créer une navigation soi-disant semi-maritime. On étudie les nouveaux canaux du Nord, à 2 mètres 50, tandis que les anciens sont tous au tirant d'eau de 2 mètres. Par contre les doubles emplois abondent. On dépense une somme considérable pour faire de la Seine, entre Paris et l'Oise, une navigation modèle, et on étudie un canal de Saint-Denis à Pontoise, canal à point de partage avec élévation d'eau, qui coûtera 25 millions, et rendra inutiles les travaux faits dans la Seine. En même temps la Commission des voies navigables est saisie d'un projet de canal maritime de Franconville à la mer, qui fera concurrence à la Seine semi-maritime.

Pourquoi cette difficulté à arrêter un plan sage, également éloigné de la routine et des superfétations? parce que le concours de l'industrie privée est éloigné de ces questions. Le même sort attend les chemins de fer, si l'État veut les exécuter seul. Rien n'est donc plus utile que de discuter les voies et moyens adoptés pour l'exécution, et de démontrer, par une foule d'exemples tous concordants, que ni la navigation, ni les chemins de fer, ni les irrigations, ne feront un progrès sérieux, tant que leur construction sera abandonnée exclusivement à l'État.

M. Cotard est bien d'accord avec M. Molinos sur l'état actuel de la navigation en France, il n'a pas entendu nier l'importance de l'examen des voies et moyens : c'est simplement pour lui une question d'ordre; sans doute, il déplorera de voir dépenser par l'État 4 milliards, si 2 milliards suffisent à l'industrie privée pour arriver au même résultat; mais il est d'avis que cette question doit être traitée après l'étude de la question préjudicielle dont il a parlé, et non avant.

M. Badois fait remarquer que M. Cotard demande l'ajournement de la discussion actuelle sur les chemins de fer, pour une discussion sur un sujet beaucoup plus général; il pense que l'on ferait fausse route en agissant ainsi, parce que cette seconde question, relative à la répartition des ressources, est beaucoup plus du ressort d'un parlement que de celui d'une société d'Ingénieurs civils, il croit que l'opinion de la Société sur une pareille question n'aura pas le poids qu'elle aurait sur la question technique de l'exploitation des chemins de fer.

M. Badois considère qu'il ne serait pas sans inconvénient d'abandonner cette question d'exploitation, au moment où l'État entre dans une voie dont la Société peut très bien montrer le danger; il répète qu'une discus-

sion sur la répartition des ressources ne lui paraît pas motivée dans cette circonstance.

Au sujet de cette répartition, il fait remarquer que les sommes attribuées aux chemins de fer doivent comprendre la valeur du matériel roulant, des gares et stations, qui n'existent pas pour les canaux; il n'y a donc rien d'étonnant que le chiffre des dépenses relatif aux chemins de fer soit de beaucoup supérieur à celui indiqué pour les canaux. D'ailleurs, M. Badois, tout en protestant de l'intérêt qu'il porte aux voies navigables, croit que la question des canaux est un peu trop spéciale à l'heure actuelle, parce que leur exploitation n'existe pour ainsi dire pas : elle est entièrement livrée à de simples bateliers ; en somme, c'est une question qui n'est pas mûre et qui devra venir en son temps, mais il serait fâcheux que, pour ce motif, on ajournât la discussion spéciale sur l'exploitation des chemins de fer par l'industrie privée ou par l'État, qui est en ce moment pleine d'actualité et fort bien engagée déjà devant la Société.

M. Dallot constate que, de l'aveu général, l'industrie française est dans une situation critique qui préoccupe gravement l'opinion. Le public semble attendre le remède d'une amélioration des moyens de transport. Mais ce n'est pas l'exécution des 16000 kilomètres de chemins de fer projetés qui rétablira les choses, parce que la plupart de ces lignes sont d'une importance plus que médiocre et ne pourront exercer aucune influence sur les conditions des grands transports. En outre, comme il est à prévoir qu'elles ne feront pas leurs frais, il est difficile de s'expliquer comment une si énorme dépense improductive pourra exercer un effet favorable sur la richesse publique. Il en serait peut-être tout autrement si l'on parvenait à résoudre avec succès la question des canaux qui, malheureusement, est restée bien en arrière dans notre pays. Or, les pouvoirs publics ne paraissent pas avoir suffisamment conscience de l'importance de cette dernière question. Il est utile et opportun pour la Société d'approfondir le sujet afin de les éclairer.

M. Dallot est donc d'avis qu'il y a urgence à étudier les voies navigables en même temps qu'on discutera les meilleurs moyens d'exécution des travaux publics en général, en appelant l'attention à la fois sur les deux questions.

M. Badois répond que c'est une question de priorité; il y a un danger immédiat : l'État veut s'emparer des chemins de fer ; la question de navigation, au contraire, n'est pas posée; donc ce qui est urgent, c'est de prouver que l'État ne doit pas exploiter les chemins de fer; ce sera un premier point établi, duquel on pourra partir ensuite et par déduction lorsqu'il s'agira des canaux, et lorsque l'initiative privée sera conduite à créer leur exploitation par des Compagnies puissantes et organisées dans ce but, ce qui, malheureusement, n'existe pas encore. M. Badois insiste donc pour que l'on s'occupe d'abord du sujet principal de la discussion, en se réservant de revenir en temps et lieu sur les points secondaires.

M. Cotard demeure convaincu que l'étude préalable de la question dans son ensemble est nécessaire pour arriver à une solution juste de l'une quelconque de ses parties. Il répond à ce reproche, si souvent fait au gouver-

nement de vouloir s'emparer de la construction, de l'exploitation, etc., en disant que c'est la conséquence du mouvement général déterminé par un entraînement de l'opinion qu'il ne faut pas espérer enrayer. L'État est décidé à faire une expérience, et il la fera. Si la Société a quelque chance de réussir sur un point, c'est en montrant les avantages des transports à bon marché, et ce problème n'a qu'une solution, qu'il ne faut pas chercher dans l'abaissement des tarifs résultant de telle ou telle exploitation, mais bien dans l'emploi d'un outil autre que celui qui a servi jusqu'à présent; c'est pourquoi il est essentiel d'envisager la question des transports à son point de vue général. M. Cotard émet l'opinion que si la discussion doit s'engager et se prolonger, on n'arrivera à aucune conclusion nette, si l'on n'examine pas le rôle des canaux dans la question générale des transports.

M. LE PRÉSIDENT ne croit pas possible d'entreprendre une discussion sans travail préalable, et il est bien difficile de rendre ce travail collectif; il fait donc appel au bon vouloir des membres de la Société pour présenter le plus grand nombre possible de communications personnelles. A ce point de vue, il trouve la *question préjudicielle*, traitée par M. Cotard, fort bien à sa place, et il le remercie de cette intéressante communication.

M. IVAN FLACHAT serait tenté de croire qu'il y a eu confusion dans les paroles de M. Badois, qui a parlé de la question des canaux et des chemins de fer seulement au point de vue de l'*exploitation*, tandis que M. Cotard a visé surtout les nouveaux réseaux à construire, ce qui est bien différent. M. Flachat regarde la question des transports par eau comme tout à fait opportune, tant au point de vue de l'agriculture que des transports à bon marché; il y a là une question technique qui est absolument de la compétence de la Société, c'est l'unification des conditions d'établissement des canaux. Comme l'a fait remarquer M. Molinos, on est surpris de voir les différences nombreuses et considérables qui existent entre les dimensions de nos divers canaux, les types d'écluses, les ouvertures des ouvrages d'art, etc., différences telles que des houilles se dirigeant du centre sur Paris sont obligées de rompre charge en route.

M. IVAN FLACHAT croit qu'il est tout à fait du devoir de la Société d'appeler l'attention publique sur ce point, et il ne doute pas que des communications sur ce sujet, émanant d'hommes autorisés comme M. Cotard, ne soient par faitement accueillies.

M. HAMERS croit que le principal but qu'il convient de poursuivre, consiste à faire adopter par le gouvernement le principe suivant : le coût de la construction du chemin de fer doit *et peut* être exactement proportionné au trafic.

En appliquant avec soin ce principe si simple, on économisera, sur les quatre milliards destinés aux chemins de fer, un à deux des milliards que M. Cotard réclame au profit de l'agriculture. On réalisera cette énorme économie sans avoir nul besoin de réduire, à cet effet, ni le nombre, ni l'étendue des chemins de fer projetés.

M. COTARD répond que le gouvernement ne s'est occupé jusqu'ici que du

réseau d'intérêt général, et que c'est celui-là seul qu'il a toujours eu en vue. La question du réseau d'intérêt local a été réservée, et il ne suppose pas que le gouvernement ait l'intention d'admettre des chemins à voie étroite dans les 19,000 kilomètres classés.

M. Courras ne voit pas là un motif absolu d'exclusion pour les chemins à bon marché parmi les lignes dont la construction est comprise dans la loi en question; il est logique d'admettre que le Parlement puisse revenir sur cette décision, et, à ce point de vue, l'observation de M. Hamers lui paraît justifiée.

M. Cotard admet très bien qu'au lieu de 20,000 kilomètres de chemins d'intérêt général, il y aurait peut-être lieu de n'en comprendre que 10,000 dans cette catégorie.

M. Richard fait observer que l'on peut construire des lignes à voie normale, même d'intérêt général, pour une somme bien inférieure à 200,000 francs. Il cite le chemin à voie normale de la Seudre, qu'il a exécuté au prix de 95,000 francs par kilomètre. Cette ligne va être reprise pour être classée dans le réseau d'intérêt général.

M. Courras cite également le réseau des Dombes, dont le prix d'établissement n'a pas été supérieur à 144,000 francs.

M. Badois répète que, selon lui, on sort de la question si l'on veut discuter le classement et recommencer le travail qui a déjà été fait par les soins du Parlement, et dans lequel sont intervenus, comme éléments, l'économie politique, la défense du territoire, le service des intérêts généraux et locaux, en un mot, une foule de considérations étrangères à l'art. Le rôle de la Société doit se borner à une discussion technique sur la meilleure manière de réaliser le programme qui en est résulté.

M. le Président insiste de nouveau pour que chaque membre présente ses idées sous forme de communication.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Les chemins de fer Américains. — Chemin de fer à voie étroite de Felda. — État des travaux du chemin de fer du Saint-Gothard. — Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France. — Les freins continus en Angleterre. — La production de l'acier dans le monde.

Les chemins de fer Américains. — Il a été construit en 1879, aux États-Unis, 6,000 kilomètres de chemins de fer, dont 800 dans le Kansas, 636 dans le Minnesota, 597 dans l'Iowa, 354 dans le Dakota, 283 dans le Tennessee, 303 dans le Missouri, 301 dans le Texas, 246 dans l'Arizona, 200 dans chacun des États de Nebraska, Nouveau-Mexique et Utah, 182 dans l'Ohio, 118 dans l'État de New-York, et 30 seulement en Pensylvanie. Sur ce chiffre, il y a 1,500 kilomètres de chemins de fer à voie étroite, dont la majeure partie sont dans les États d'Ohio, Idaho, Texas, Tennessee.

On présume qu'on construira cette année 14,500 kilomètres; une partie sera établie dans les États de l'Ouest qui en sont encore très peu pourvus, mais beaucoup de lignes nouvelles seront faites pour compléter les communications existantes et abréger les distances entre certains points déjà desservis. Les dernières crises commerciales et industrielles ont modifié la répartition des centres de population, et de nouvelles voies de communication sont devenues nécessaires. Sur le chiffre indiqué plus haut, il y a plusieurs centaines de kilomètres de tronçons de très petite longueur.

(*Engineering News.*)

Chemin de fer à voie étroite de Felda, Saxe-Weimar. — Ce chemin de fer, construit récemment, a pour objet de relier de gros villages à une voie ferrée à grande section. Il part de Salzangen, station du chemin de fer de la Werra et dessert les bourgs de Dorndorf, Lentzel, Dormbach et Bacha; un second embranchement est en construction de Dorndorf à Kaltennordheim. La ligne principale exploitée a 44 kilomètres, dont 30 kilomètres sont sur l'accotement d'une route; on a fait des déviations toutes les fois qu'on aurait eu des rampes trop fortes, ou des courbes de trop petit rayon. La voie est à l'écartement d'un mètre, le rayon minimum des courbes est de 75 mètres et les inclinaisons maxima, de 25 millièmes. Les rails appartiennent au type Hartwich modifié, ils sont en acier Bessemer, pesant 21k,5 par mètre courant et sont posés directement sur le ballast. On a dû établir pour le passage du chemin de fer quelques ponts, dont deux ont 20 et 27 mètres de longueur, les rails sont posés directement sur les poutres en fer. Il y a six stations et deux haltes. Les stations sont composées d'un bâtiment en maçonnerie contenant une salle d'attente

chauffée et d'abris servant de magasins; les haltes sont indiquées simplement par un poteau avec l'inscription : « Endroit d'arrêt »; cet endroit est choisi dans le voisinage d'un établissement dont le propriétaire est chargé, moyennant une légère rétribution, de l'expédition, de la réception et du magasinage des bagages et marchandises. Il n'y a point de barrières ni de clôtures.

Les machines à trois essieux couplés, construites par Krauss, de Munich, pèsent 15 tonnes en service; le mécanisme est extérieur et abrité par des panneaux descendant près du sol. La machine porte une cloche que le mécanicien fait tinter continuellement dans la traversée des villages.

Un frein énergique permet d'arrêter le train dans un espace de 10 mètres même à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure. La vitesse peut s'élever jusqu'à 30 kilomètres.

Les wagons sont à couloirs, avec les banquettes en travers, deux places d'un côté du passage et une de l'autre, ils contiennent 24 places. Il y a deux classes pour les voyageurs.

Une précaution à mentionner est que les carreaux ne s'ouvrent que jusqu'à moitié de la hauteur, de sorte que les voyageurs ne peuvent passer la tête, autrement il y aurait des accidents fréquents à cause du voisinage des arbres, etc. Les voitures sont chauffées par une prise de vapeur sur la machine.

L'exploitation se fait de la manière la plus simple. Le personnel central se compose d'un directeur technique, d'un administrateur commercial et d'un employé. A chaque station il y a un seul employé. Lorsque le train arrive, le chauffeur descend et aide l'employé de la station au chargement et au déchargement des bagages et marchandises; les billets sont donnés en route par l'employé du train.

La surveillance de la voie est faite par la police locale.

A Salzangen, station de raccordement avec la grande ligne, le transbordement est fait par un entrepreneur, à raison de 2 et 3 centimes par 100 kilogrammes, suivant la nature des objets. La grande ligne donne gratuitement l'usage de ses magasins et de ses salles d'attente.

Le tarif est, pour les voyageurs de 2e classe, celui que prenait la poste; pour la 3e classe, il est d'un tiers inférieur.

Les prix ne sont pas comptés à la distance, mais bien par stations, à raison de 87 1/2 centimes pour la 2e classe et de 56 1/4 pour la 3e, (les fractions de centimes proviennent de la transformation des pfennings en centimes), la distance moyenne des stations étant de 8 à 10 kilomètres.

On a transporté jusqu'ici une moyenne de 120 voyageurs par jour.

Le chemin de fer a coûté, compris le matériel roulant, 1,275,000 fr., soit 29,000 fr. par kilomètre. Il a été exécuté à forfait et dans les conditions suivantes : l'Administration de Weimar a fourni le capital et les constructeurs ont exécuté le chemin à forfait au prix ci-dessus, en s'engageant, de plus, à l'exploiter à leurs risques et périls pendant 12 ans.

(*Moniteur des intérêts matériels.*)

État des travaux du chemin de fer du Gothard au 31 janvier. — Voici l'état d'avancement du chemin de fer du Gothard au 31 janvier pour les 5 sections de Immensee-Fluelen, Fluelen-Göschenen, Airolo-Biasca, Cadenazzo-Pino et Giubasco-Lugano, en dehors du grand tunnel, soit une longueur de 158,712 mètres.

DÉSIGNATION.	QUANTITÉS A FAIRE.	FAITS AU 31 JANVIER.	
		Quantités.	Pour 100 du total.
Terrassements	4.764.750^{me}	1.287.630	27
Maçonnerie	298.180	60.880	20
Tunnels	23.838^{m}	»	»
Id. Galerie de direction	—	11.325	48
Id. Élargissement	—	7.603	32
Id. Stross	—	3.738	16
Id. Maçonnerie de la voûte	—	407	1
Id. Maçonnerie des pieds-droits	—	271	1

(*Eisenbahn.*)

Congrès de la Société technique de l'industrie du Gaz. — La Société technique de l'industrie du Gaz a tenu son sixième Congrès, à Lille, le 28 juin 1879; dans cette réunion, à laquelle assistaient 75 membres, un certain nombre de questions ont été traitées, et diverses communications techniques ont été présentées sur des points de détail de la fabrication ou de l'emploi du gaz, tels que compteurs, robinets, cuves d'épuration, contrôleur graphique pour compteurs, comptabilité des usines à gaz, etc.; il semble toutefois que l'intérêt principal de la réunion était dans l'examen des questions soulevées par l'éclairage électrique. Notre collègue, M. Marché, a donné communication d'un rapport sur les études préparées par le Comité de la Société technique, au sujet de l'éclairage électrique.

Au moment où les essais d'éclairage électrique, faits tant à Paris qu'à Londres et aux États-Unis, avaient produit une vive émotion, qui s'était même traduite un instant en une véritable panique parmi les porteurs de valeurs gazières, le Comité avait cru convenable de s'occuper des voies et moyens pour mettre à exécution une proposition émanant de plusieurs de ses membres, afin de procéder à des expériences spéciales sur les systèmes proposés pour l'éclairage électrique, expériences destinées à élucider les problèmes soulevés, à vérifier les assertions des inventeurs et à fournir des données positives sur le point capital et controversé, le coût de la lumière électrique.

M. Boulard fut chargé de faire d'abord un rapport sur l'état actuel de la question, puis de tracer un programme des expériences et des recher-

ches à faire pour déterminer les points en litige et obtenir des faits et des chiffres exacts.

Cette tâche a été notablement simplifiée par les circonstances et la seconde partie s'est trouvé supprimée, de ce fait que les essais nombreux organisés par les intéressés eux-mêmes, ont donné les démonstrations recherchées. On est, de plus, actuellement en possession de nombreux documents, qui ont singulièrement éclairci la question et parmi lesquels on peut citer le rapport de M. Cernesson au Conseil municipal, et la note de M. Sartiaux sur l'éclairage électrique du chemin de fer du Nord, documents qui donnent des renseignements précieux sur le prix de revient de la lumière électrique. Les points les plus importants paraissant dès lors à peu près élucidés, il n'a pas paru nécessaire de pousser plus loin l'exécution du programme demandé à M. Boulard.

M. Marché conclut que, lors même qu'on obtiendrait avec l'électricité la lumière au même prix qu'avec le gaz, il resterait encore à assurer l'emmagasinage de la lumière, sa distribution et son transport. On peut donc être rassuré sur l'existence de l'industrie gazière, qui n'est pas compromise et qui sous l'aiguillon de la concurrence dont elle a été menacée est, au contraire, en voie de réaliser de nouveaux progrès.

Ces progrès ont été indiqués dans des communications très intéressantes sur les nouveaux becs intensifs, dont un type est employé à l'éclairage de la rue du Quatre-Septembre, communications faites par MM. Ellissen, Croze, Gautier et Mallet.

Le but qu'on s'est proposé est de faire des brûleurs donnant beaucoup plus de lumière que les becs en usage, et pouvant dès lors répondre aux nouveaux besoins que l'électricité pensait pouvoir seule satisfaire. Il est arrivé que, comme on pouvait s'y attendre, l'unité de lumière a été obtenue avec une moindre dépense de gaz; de plus en donnant aux brûleurs une intensité beaucoup plus considérable, on est arrivé à abaisser dans de larges proportions le coût de premier établissement des appareils, comparativement à la lumère produite.

On peut diviser ces appareils en trois catégories :

1° Les becs à cheminée en verre, système Sugg, système Giroud.

2° Les becs brûlant à l'air libre, Compagnie Parisienne, Mallet, Croze.

3° Type intermédiaire avec cheminée au-dessus du bec, Gautier, Wigham.

Nous indiquerons rapidement les résultats obtenus avec ces divers appareils.

Les becs Sugg employés à Londres donnent de 10 à 25 carcels en dépensant pour chaque carcel de 52 à 49,5 litres, mais avec du gaz de cannel, ce qui correspondrait à une dépense de 90,4 à 86,03 litres de gaz normal de Paris.

Le bec Giroud dépense 640 à 670 litres à l'heure, pour une production de lumière équivalant à 7 ou 8 carcels, soit 87 à 90 litres pour chaque.

Les becs de la Compagnie Parisienne, installés rue du Quatre-Septembre, dépensent 1,400 litres pour 14 carcels, soit 100 litres pour chaque ; un plus petit modèle employé aux Halles centrales, dépense 105 à 110 litres par carcel pour une dépense à l'heure de 875 litres.

Les becs conjugués à flammes croisées de M. Mallet donnent 16 à 17 carcels avec une dépense de 88 à 90 litres pour chaque.

Avec le bec Croze, on arrive à 22 1/2 carcels, consommant chacune 91,5 litres.

Le brûleur Gautier, essayé pour l'éclairage du port du Havre, donne 18 à 20 carcels pour une dépense de 1,500 à 1,600 litres à l'heure.

Enfin le bec Wigham consommant 2 mètres cubes à l'heure, donne 25 carcels, ce qui ferait 80 litres pour chaque.

Tous les becs à grande intensité lumineuse qui viennent d'être énumérés, étaient allumés sur des candélabres dans la cour de l'usine à gaz de Lille et, dans la soirée de la réunion du Congrès, ils ont été examinés par les membres qui ont pu ainsi apprécier par comparaison les mérites de chacun d'eux.

Le septième Congrès de la Société technique de l'industrie du Gaz en France, aura lieu à Paris, au mois de juin prochain, sous la présidence de M. Jordan.

Les freins continus en Angleterre. — A la Chambre des Communes, en réponse au docteur Playfair, le vicomte Sandon s'est plaint de ce que le zèle des Compagnies, pour l'application des freins continus, n'était pas aussi grand qu'on pouvait le désirer. Il n'y a que 1,114 machines sur 4,833 et 11,302 véhicules sur 40,631 qui en soient pourvus; 288 machines et 2,441 véhicules, soit 6 pour cent, ont reçu des freins continus en 1878, et 352 machines et 2,912 véhicules, soit 7 pour cent en 1879. Ces chiffres n'indiquent pas une très rapide exécution. On comprend qu'en présence des perfectionnements que chaque jour apporte, les Compagnies hésitent à s'engager trop rapidement, et à moins qu'elles ne montrent une mauvaise volonté absolue, il serait fâcheux que le Parlement imposât l'adoption de tel ou tel système de frein. (*Iron.*)

La production d'acier dans le monde. — La capacité de production annuelle des aciéries du monde entier peut être estimée à 3 millions de tonnes. Le Royaume-Uni possède 120 convertisseurs Bessemer, dont plus de 80 sont en marche et fournissent annuellement près de 800,000 tonnes. Après vient l'Amérique, avec 750,000 tonnes. L'Allemagne a une production considérable. Il y a deux ans, la Prusse possédait 25 convertisseurs en marche sur 50 existants, produisant 375,000 tonnes; mais depuis, de nouvelles usines établies en Saxe et dans le Palatinat ont porté cette production à 400,000 tonnes et depuis la reprise des affaires, de nouveaux convertisseurs ont été mis en marche. La France produit environ 275,000 tonnes,

la Belgique 150,000 ; l'Autriche avec 32 convertisseurs, 250,000 ; la Suède et la Russie 150,000.

Les plus grands convertisseurs qu'il y ait en Angleterre sont deux de 10 tonnes aux aciéries de John Brown, à Sheffield, les autres varient de 3 à 8 tonnes. Sur les 24 aciéries anglaises, 17 ont des laminoirs à rails. Si on met en regard de cette production, la longueur probable de chemins de fer à construire, on peut concevoir quelque inquiétude au sujet de l'écoulement des produits. (*Iron.*)

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 2 février 1880.

Expériences de M. Cailletet sur la compression des mélanges gazeux.

Note de M. Bouvet concernant un procédé pour la destruction successive des banquises de glace.

La *Chronique* de janvier donne le résumé de la première de ces communications et des observations auxquelles a donné lieu la seconde.

Séance du 9 février.

Ce numéro contient le discours prononcé aux funérailles du général Morin, au nom de l'Académie des sciences et du Conservatoire des arts et métiers, par M. Tresca.

Les autres numéros de février ne renferment pas de communications ou mémoires qui intéressent l'art de l'Ingénieur.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1880.

Liste des Membres titulaires et des Membres honoraires pour l'année 1880.

Nouvelle balance de laboratoire de M. Deleuil. (Rapport de MM. de LUYNES et HENRY PÉLIGOT sur une). — Cette balance, pouvant porter 3 kilogrammes dans chaque plateau, et sensible à 5 milligrammes, conserve l'avantage des balances de précision, celui de laisser le fléau fixe, lorsqu'on charge ou décharge les plateaux des poids ou des objets à peser, les étriers et leurs plateaux étant supportés pendant la manipulation par des appendices et n'étant déposés sur leurs couteaux qu'au moment de la pesée. De plus, la disposition et la forme des plateaux leur permettent de recevoir des objets volumineux.

L'enquête du Sénat sur les chemins de fer d'intérêt général, par M. le baron BAUDE. — La note de M. le baron Baude donne un résumé succinct de l'enquête faite par une Commission du Sénat présidée par M. Krantz [1] et divisée en trois sous-commissions; la première de ces sous-commissions était chargée du classement des chemins de fer d'intérêt général, son rapport sanctionnait en grande partie les travaux préparatoires ordonnés par M. le ministre des Travaux publics.

Le classement définitif est, comme on sait, voté par les deux Chambres, et la loi du 15 juillet 1879 a été plus loin encore que les propositions de la Commission du Sénat, propositions qui se bornaient à l'exécution de 7,000 kilomètres nouveaux.

La deuxième sous-commission, chargée de rechercher les voies et moyens nécessaires pour achever et exploiter ce nouveau réseau de chemins de fer d'intérêt général, demandait que l'exploitation des lignes à construire fût confiée à l'industrie privée et aux grandes Compagnies et que, quant à la construction, il convenait d'appliquer les moyens employés pour faire les 20,000 kilomètres existants, en traitant autant que possible avec les grandes Compagnies voisines, en créant, à défaut de celles-ci, des Compagnies nouvelles, enfin, en faisant au besoin exécuter par l'État les travaux, sauf rétrocession des chemins achevés à des Compagnies.

La troisième sous-commission était chargée de rechercher les bases de simplification et d'améliorations possibles dans les tarifs appliqués au

1. Cette Commission a été nommée le 12 janvier 1877.

transport des marchandises. Elle a circonscrit son travail dans la question des tarifs de petite vitesse; et ses conclusions sont que, dans les tarifs généraux, le prix kilométrique de chaque série de marchandises soit, autant que possible, le même sur l'ensemble des grands réseaux; que les taxes soient établies suivant les mêmes tarifs, à la distance, à bases constantes, et en ne tenant compte que des distances réelles.

En ce qui touche les tarifs réduits, connus sous le nom de tarifs spéciaux, tarifs communs, tarifs internationaux, tarifs de transit et d'exportation, la Commission est d'avis qu'il y a lieu de les maintenir en principe, mais en les soumettant à un nouvel examen.

Note sur le canal interocéanique à travers l'Isthme américain, par M. Voisin-Bey. — Cette communication commence par la description de l'Isthme américain qui s'étend du golfe de Téhuantépec, où il se soude à l'Amérique du Nord, au golfe de Darien, où il s'unit à l'Amérique du Sud. Sur une longueur de 2300 kilomètres, il contient lui-même plusieurs isthmes, ceux de Téhuantépec, Nicaragua, Panama, San-Blas, et Darien.

M. Voisin-Bey fait ensuite l'historique des études faites pour l'établissement d'une communication par eau entre les deux Océans à travers l'Isthme américain. L'idée en remonte aux premiers temps de la colonisation du Nouveau-Monde; elle fut reprise vers 1771, puis en 1825 et 1827, date où fut fait le premier nivellement d'une mer à l'autre à travers l'isthme de Panama.

La note indique avec les plus grands détails toutes les études et projets faits depuis cette époque jusqu'à l'heure actuelle; elle rend ensuite compte des travaux du Congrès international d'études tenu l'année dernière à Paris du 15 au 29 mai, sous la présidence de M. de Lesseps, et dont la conclusion était la suivante :

Le Congrès estime que le percement d'un canal interocéanique à niveau constant, si désirable dans l'intérêt du commerce et de la navigation, est possible, et que ce canal maritime, pour répondre aux facilités indispensables d'accès et d'utilisation que doit offrir, avant tout, un passage de ce genre, devra être dirigé du golfe de Limon à la baie de Panama.

FÉVRIER 1880.

Cinémomètre de M. Jacquemier. (Rapport de M. Collignon, au nom du Comité des arts mécaniques sur le). — Cet appareil est un indicateur de nombre de tours, mais il n'est pas basé sur l'action de la force centrifuge; c'est un compteur, qu'un artifice ingénieux ramène à n'inscrire que le nombre de tours effectué par l'arbre tournant dans un intervalle de temps donné, une minute par exemple; un mouvement d'horlogerie produit cet effet. Cet appareil est employé dans la marine; il donne des indications sur un cadran, et un enregistrement sur un papier.

Verreries et cristaux décorés par de nouveaux procédés de M. Monot, à Pantin. (Rapport fait par M. DE LUYNES, au nom du Comité des arts économiques, sur les).

Épures-reliefs construites par M. Magnuski. (Rapport fait par M. DE LA GOURNERIE, au nom du Comité des arts économiques, sur les).

Sur les dépenses d'entretien de la voie des chemins de fer en France, par M. BAUDE. — Les documents contenus dans cette note sont extraits d'un mémoire inédit de M. Petsche, ingénieur en chef de la voie aux chemins de fer de l'Est. M. Petsche a fait le relevé statistique des dépenses d'entretien des six grandes Compagnies, dans une période de six années, de 1872 à 1877, il donne les dépenses par kilomètre de ligne, par kilomètre de voie, variant de 3,632 fr. à 4,214, par kilomètre de parcours de train allant de $0^f,638$ à $0^f,679$, par kilomètre de parcours de tonne allant de $0^f,0073$ à $0^f,0084$. Des recherches semblables sont faites pour les années 1878 et 1879, et il semble probable que les dépenses de ces exercices, en les rattachant aux trois années précédentes, donneront des moyennes sensiblement inférieures aux chiffres indiqués ci-dessus.

De l'influence du climat sur les récoltes dans la région N.-O. du département de la Manche, par M. HERVÉ-MANGON.

Conférence sur les machines Compound comparées aux machines Corliss, par M. DE FRÉMINVILLE, conférence faite au Trocadéro, pendant l'Exposition de 1878. — Les conclusions de l'auteur sont que les machines Corliss ou à quatre distributeurs réalisent un notable progrès, comparativement aux machines à tiroirs ordinaires; elles assurent l'efficacité de la détente et, par suite, le fonctionnement économique. Les machines Compound, avec ou sans réservoir intermédiaire, pourvues de tiroirs ordinaires, mais avec distribution méthodique calculée dans le but d'annuler les pertes de travail, sont au moins sur le pied d'égalité, au point de vue des consommations, avec les machines à quatre distributeurs, tout en conservant les mécanismes simples des machines ordinaires.

En les dotant de quatre distributeurs à chaque cylindre, elles deviendront plus économiques encore que les machines du genre Corliss, bien que l'on ne puisse s'attendre à réaliser relativement à ces dernières un bénéfice bien considérable.

Si l'on considère les différentes machines au point de vue de l'uniformité du mouvement de rotation, comme il conviendrait, par exemple, s'il s'agissait du choix d'un moteur de filature, on arrive aux conclusions suivantes :

Les machines à quatre distributeurs et à grande détente produisent des efforts très différents du commencement à la fin de la course; elles exigent, même en employant deux machines actionnant des manivelles à 90°, des volants très puissants.

Les machines Compound avec cylindres bout à bout donnent, à détente égale, une différence beaucoup moindre, entre l'effort initial et l'effort final, que les machines à cylindre unique. Si deux machines de cette espèce sont couplées au moyen de manivelles à 90°, on obtiendra une très grande uniformité de mouvement; le volant pourra être moindre.

Enfin, la machine Compound à réservoir intermédiaire permet de conduire deux manivelles à 90°, au moyen des deux cylindres qui la composent, et les détentes employées dans chaque cylindre restent toujours modérées, même pour de très grandes détentes totales; ce qui assurera à très peu près la même uniformité du mouvement de rotation, qu'avec deux machines complètes à cylindres bout à bout. Elle est plus simple de construction et paraît à tous égards mériter la préférence.

Étude sur la Métallurgie à l'Exposition de 1878, par M. Lan, Ingénieur en chef des Mines. — L'auteur commence par rappeler que les traits caractéristiques des progrès industriels les plus récents, mis en lumière par les dernières expositions universelles, sont :

L'accroissement de capacité productrice des appareils et engins de fabrication et la création et le développement des productions industrielles dans des contrées nouvelles, puis il précise ces faits en ce qui concerne la métallurgie et plus spécialement la métallurgie du fer.

Les progrès accusés par l'Exposition de 1878 peuvent se grouper sous les titres suivants :

1° Production des hautes températures;

2° Préparation des matériaux réfractaires réclamés par ces hautes températures;

3° Construction des fourneaux de diverses sortes;

4° Matériel mécanique des ateliers sidérurgiques;

5° Divers modes d'essai des fers et aciers, leur classification;

6° Nouveaux procédés de fabrication et d'ouvraison des fontes, fers et aciers.

Le numéro du *Bulletin* que nous avons sous les yeux traite les quatre premières questions; nous citerons dans ces chapitres ce qui est relatif aux fours Siemens et à leurs modifications, ainsi qu'aux appareils introduits parallèlement dans les forges depuis 1867, la fabrication des briques siliceuses et des matériaux basiques à base de chaux, d'alumine ou de manganèse, les hauts fourneaux et fourneaux à réverbère de construction modifiée; les outillages et agencements mécaniques pour les grosses pièces, telles que les plaques de blindage; le matériel mécanique pour le Bessemer, les laminoirs à rails et à tôle du système dit réversible; les fours de puddlage à outil actionné mécaniquement, les fours de puddlage mobiles, Danks, Bouvard, Pernot, Menessier, Oestlund, etc.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

JANVIER 1880.

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 9 novembre 1879.

Fabrication des charbons agglomérés. (Communication de M. PIERRAGUE sur la). — Les questions suivantes sont traitées dans ce travail.

I. Générateurs de vapeur; on peut compter 10 à 14 mètres carrés de surface de chauffe par tonne de briquettes produites à l'heure; la dépense de combustible, qui ne descend que rarement à 40 kilog., s'élève à 60, 70 et même 125 kilog., pour 1,600 kilog. d'agglomérés.

II. Force motrice; on peut compter 4 à 7 chevaux pour faire une tonne de briquettes à l'heure.

III. Machine à agglomérer et dépendances.

Les machines à agglomérer comprennent en général : 1° un broyeur de charbon, souvent supprimé, et une ou plusieurs chaînes à godets; 2° un broyeur de brai et de charbon; 3° un mesureur de brai et de charbon; 4° des appareils mélangeurs et malaxeurs; 5° un appareil de moulage, de démoulage et de compression; 6° dans certains cas une toile sans fin pour le chargement des briquettes.

IV. Combustibles à agglomérer; la division des charbons est très importante; il faut que les charbons criblés au crible de 3 à 4 centimètres, contiennent assez de parties fines pour combler les vides laissés par les gros grains. On doit éviter de livrer à l'agglomération, sans un lavage préalable aussi parfait que possible, les charbons pyriteux et ceux qui contiennent des schistes susceptibles de se déliter; on doit également éviter d'employer les charbons qui décrépitent au feu.

V. Matières agglomérantes. Elles se divisent en deux classes : les matières incombustibles, chaux et argile, et les matières combustibles, goudron de houille et ses dérivés, brai gras et brai sec. Les premières ne présentent qu'un intérêt très minime. Le brai gras et liquide doit être employé de préférence dans les pays froids et lorsque les prix d'achat seront élevés; au contraire dans les pays chauds et pour l'exploitation on ne doit employer que du brai sec. La quantité par tonne de briquettes varie de 6 à 10 pour cent : cette proportion dépend de l'état de division des charbons, de leur nature, du degré de liquidité de la matière agglomérante, des exigences du consommateur et des conditions mêmes de la fabrication.

VI. Fabrication des briquettes. L'auteur du mémoire examine les diverses

phases de la fabrication et les circonstances qu'elles peuvent présenter; il termine par quelques observations sur les prix de revient. Ces prix peuvent présenter des écarts énormes qui indiquent les progrès à réaliser dans les divers cas.

La main-d'œuvre proprement dite est assez faible, 0,70 à 1 fr. par tonne; mais ce sont les frais d'entretien, de réparations, etc., qui sont souvent excessifs et s'élèvent quelquefois à 1,50, 2, 3 et même 4 francs par tonne de briquettes.

DISTRICT DU CENTRE.

Séance tenue à Montluçon le 7 septembre 1879.

Meules artificielles ou limes rotatives. (Communication de M. Durand sur les). — Les meules artificielles sont composées de deux parties, les grains durs qui servent de mordant, généralement le grès, le silex et l'émeri, et la matière qui réunit ces grains en une masse solide et compacte, l'agglomérant; cette matière n'entre guère que pour un dixième; c'est, du moins en France, de la laque résineuse, de l'oxychlorure de magnésium ou du caoutchouc. Ce dernier agglomérant, qui est d'un prix très élevé, donne les meules les plus solides et par suite les moins dangereuses, mais ces meules présentent l'inconvénient, d'ailleurs peu grave, de dégager une forte odeur pendant le travail.

Les meules artificielles servent à dégrossir, blanchir ou ébarber, ou bien à des travaux spéciaux; les meules dont on n'utilise que le plat, prennent le nom de lapidaires. La disposition varie suivant les usages; en résumé, les meules artificielles remplacent avec avantage, pour ce qui n'est pas ajustage de précision, le burin et la lime; elles permettent de dresser et polir les aciers trempés et les fontes les plus dures, sur lesquels les outils ordinaires ne peuvent pas mordre.

Elles présentent plus de solidité et d'homogénéité que les meules de grès naturelles, leur grain est plus fin et elles peuvent recevoir une plus grande vitesse, de sorte qu'elles permettent d'obtenir un travail plus rapide et plus beau.

Il est indiqué, dans la discussion qui suit cette communication, que les ateliers du Great Western et ceux de la Société Autrichienne des chemins de fer de l'État à Simmering, emploient des meules en émeri pour tourner les bandages en acier.

Dynamite gomme ou gélatine explosive. (Communication de M. Baure sur la). — La dynamite gomme inventée récemment par M. Nobel est composée de :

Nitroglycérine.	86 40
Pyroxile en dissolution	9 60
Camphre.	4 »
	100 »

OURDS.

ues accouplées.

	HONGRIE. Theiss-Bahn (6 roues).	AUTRICHE. Sud - Bahn (6 roues). LIGNE DU BRENNER.		OBSERVATIONS.
	15	16		
Orlé	Chemins de l'État	Florisdorf.		
	1.930	1.708	1	(1) Foyer avec bouilleur.
	1.020	1.000	2	
	1.97	1.70	3	
	1.470	1.570	4	
	1.130	1.400	5	
	2.560	2.520	6	
	166	181	7	
	3.500	4.275	8	
	0.032 Extérieur.	0.032 Extérieur.	9	
	0.003	0.003	10	
	95.00	126.40 Extérieur.	11	
	9.00	8.70	12	
	104.00	135.10	13	
	1 328	1.340	14	
	»	0.015	15	
	1.908	1.965	16	
	9at ou 9k,297	10at ou 10k,330	17	
	»	»	18	
	»	»	19	
	»	0.470	20	
	»	0.310	21	
	0.420	0.480	22	
	0.630	0.610	23	
	2.070	2.060	24	
	»	0.820	25	
Intérieu	Stéphenson.	Stéphenson.	26	
Extérie				
	Intérieur.	Intérieur.	27	
	3.650	3.210	28	
	1.617	1.265	29	
	—	—	30	
	»	13.300	31	
	»	13.850	32	
	»	13.850	33	
	—	—	34	
	—	—	35	
	34.000	41.000	36	
	30 000	36.000	37	
	34.000	41.000	38	
	5.686	6.833	39	
	4.020	7.222	40	
	8.410	8.530	41	
	»	8.550	42	
	»	7.270	43	
	»	1.106	44	
	»	3	45	
	»	3.000	46	
	»	27.900	47	
	»	12.400	48	
	11.2	15.5	49	
	»	0.054	50	
	1	1	51	
	118,2	176,1	52	

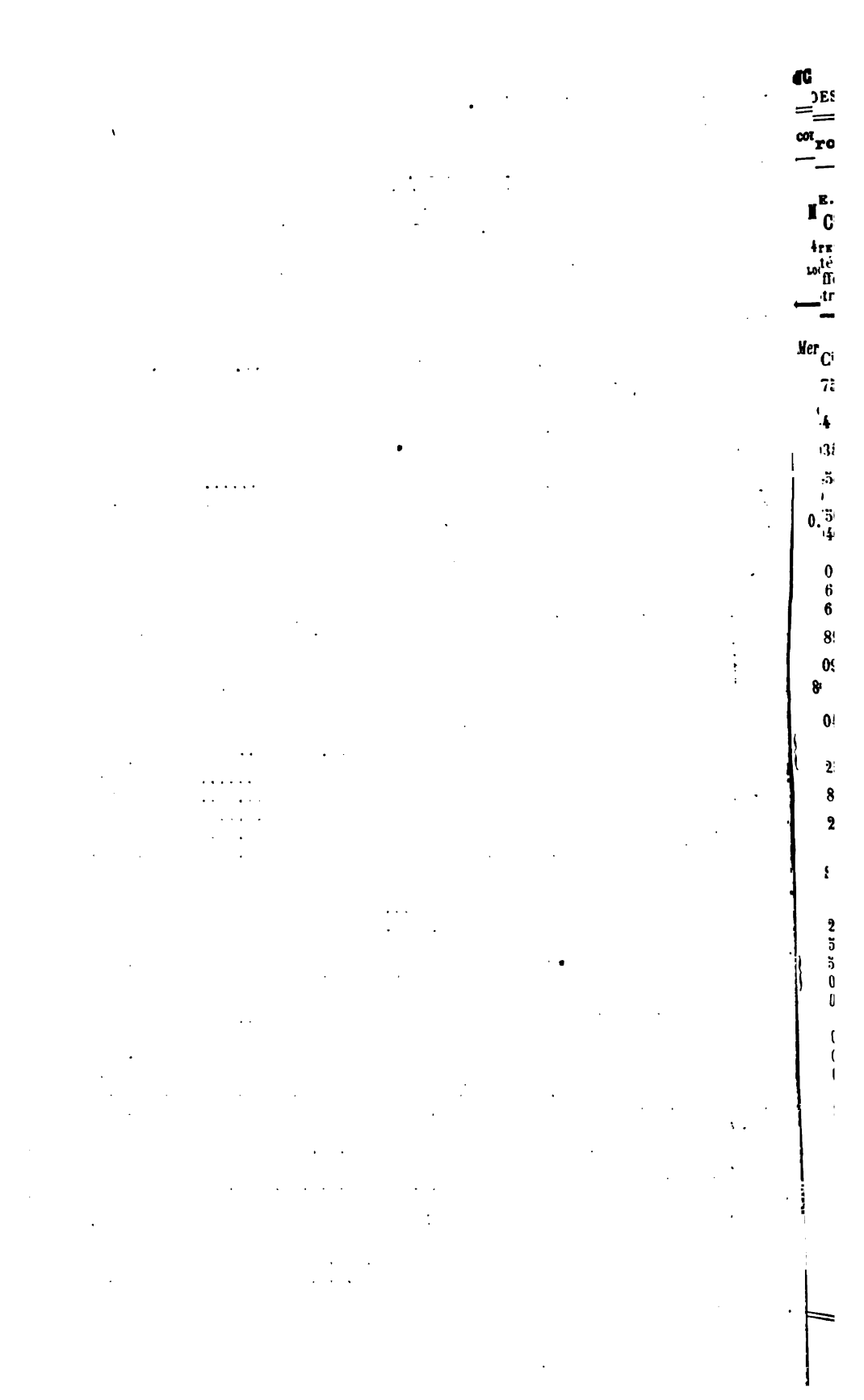
APIOMONT et V. MÉNAULT, rue des Poitevins, 6.

acco pn	Chemins de Montagne.	Lignes d'Embranchement.	OBSERVATIONS.	
ANCE. . yon. roues. ICALE lées.	SUISSE. Syst^me Riggenbach A ENGRENAGES. 4 roues accouplées.	BELGIQUE. État Belge. VOITURE A VAPEUR (1) R. M. indépendantes		
s	15	16		
yon. lége).	Aarau.	Divers.		
.5365	1.150	0.900	(1) Système Belpaire.	1
.350	0.900	0.535		2
.08	1.0350	0.48	(2) Le chiffre de 3.000 kil. pour	3
.680	1.200	} 0.860	l'effort de traction résulte de	4
.400	1.100	}	l'évaluation de M. Mallet.	5
.203	»	»		6
245	133	153	(3) Chaudière Field. A l'arrière	7
5.360	2.300	1.455	est installé un treuil actionné	8
).0044 eur.	0.045	0.032 Extérieur.	par une machine Brotherhood.	9
).0025	0.002	0.002		10
5.65	44.50	19.32		11
).71	5.80	2.46		12
5.36	50.30	21.780		13
1.500	1.050	0.750 Intérieur.		14
).0155	0.010	0.0112		15
1.990	1.800	»		16
9, 330	10	10^st ou 10^k.330		17
6.11	1.000	580		18
2.11	320	500		19
).540	0.370	} 0.200 {		20
	0.260	}		21
).540	0.300	0.170		22
).660	0.500	0.320		23
2.100	1.900	0.198		24
2.530	1.920	0.560		25
ooch.	Allan.	Stéphenson.		26
érieur.	»	»		27
4.050	3.000	6.800		28
1.260	0.900	0.980		29
—	—	0.980		30
2.150	9.000	8.750 Moteur.		31
2.150	9.000	4.350		32
3.700	—	3.300		33
3.700	—	—		34
1.700	18.000	25.040		35
5.300	14.400	17 600		36
1.700	18.000	8.750		37
8.617	3.000	1.468		38
8.935	3.250	633		39
9.838	7.200	12.240		40
8.000	1.600	1.100		41
6.000	1.000	»		42
1.200	—	—		43
2	—	—		44
2.500	—	—		45
5.900	—	—		46
1.600	—	—		47
0.1	8.6	8.9		48
0.11	0.05	0.06		49
1	1	0.343		50
72,8	180,5	25,2		51

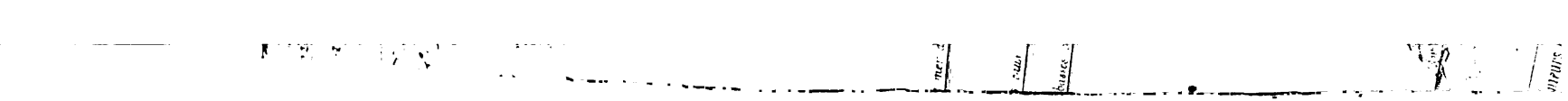
... CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.

	.60.	Voie de 0m.50.	
z. Passy. ENDER. érieurs. plées.	BELGIQUE. Couillet. COMOTIVE-TENDER. indres intérieurs. roues couplées.	FRANCE. Corpet-Bourdon. LOCOMOTIVE-TENDER. Cylindres intérieurs. 4 roues couplées.	OBSERVATIONS.
	13	14	
Passy.	Couillet.	Corpet-Bourdon.	
6	Longueur. 0.542	D = 0.325	1 (1) Système à traction mixte, 2 cylindres intérieurs actionnant l'essieu moteur par un arbre intermédiaire à 2 roues dentées dans le rapport de 1/5. Effort de traction avec crémaillère, 1,500 kilog.
6	Largeur.. 0.440	»	2
	Hauteur.. 0.500	0.0829	3
75	»	0.426	4
	»		5
91	»	0.035	6
2	45	16	7
30	0.800	0.955	8
45	.040 Extérieur.	0.036	9 (2) Chaudière du système Field. — Un seul cylindre vertical transmettant son action à l'essieu moteur au moyen d'un arbre intermédiaire et de deux roues dentées dans le rapport de 1/3.
	»	»	10
5	4.50	1.82	11
0	1.10	0.50	12
5	5.60	2.32	13
00	0.640	0.340	14
09	0.009	0.0085	15
	»	»	16
	»	9	17
50	»	0.097	18
62	»	»	19
25	»	0.186	20
	»	0.134	21
80	0.135	0.100	22
40	0.200	0.090	23
	0.945	»	24
	»	»	25
h.	Walschaert.	Corpet-Bourdon.	26
ur.	Extérieur.	»	27
00	0.850	0.726	28
50	0.450	0.280	29
	—	—	30
00	3.150	680	31
00		710	32
	—	—	33
	—	—	34
00	3.150	1.390	35
00	2.700	1.080	36
00	3.150	1.390	37
83	525	188	38
08	»	232	39
	»	»	40
00	»	80	41
0	»	35	42
	5	4.6	43
4	»	0.16	44
	1	1	45
3	»	166,9	46

E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.



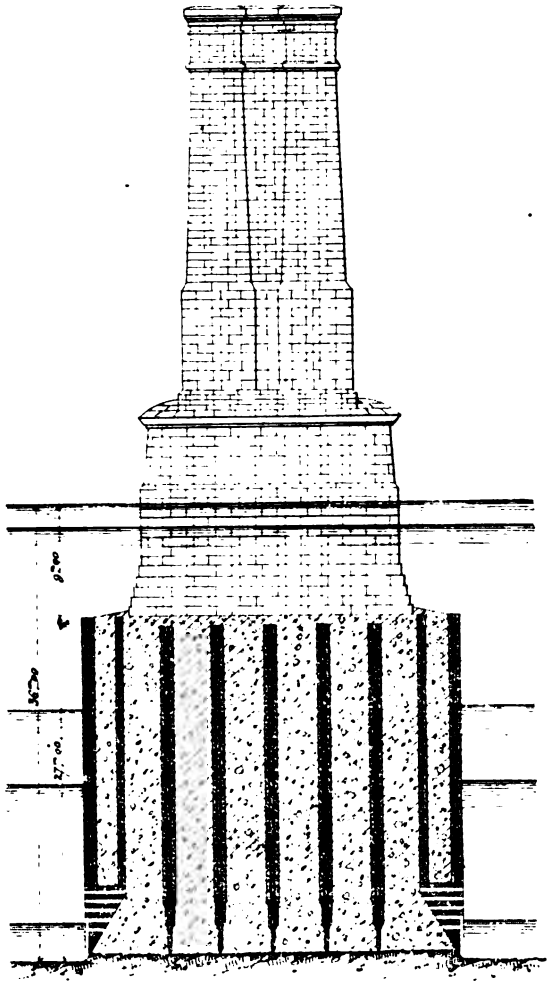
| omoti routière. | | |



E D'UN PONT SUR L'HUDSON

Fig 3 et 4.

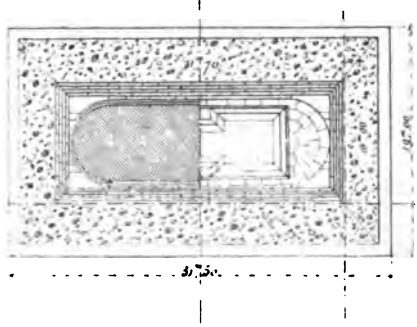
Coupe longitudinale.



Plans.

Socle

Vue en dessus.



Imp. Bruno & Courtier, 43 r. de Dunkerque, Paris

Elle remplace pour une partie en poids.

1.10 de nitroglycérine;
1.50 de dynamite n° 1;
2.15 de dynamite n° 2 ou 3;
4.50 de poudre noire ordinaire.

Elle a de plus le maximum de densité parmi ces explosifs, 1.58 à 1.60.

La dynamite gomme a l'importante qualité de ne donner lieu à aucune exsudation de nitroglycérine, et par conséquent de présenter beaucoup de sécurité dans son emploi.

Système perfectionné de compresseur d'air (Note de M. Baure, sur un). — L'auteur décrit les perfectionnements apportés par MM. Hanarte et Hanrez, au compresseur à matelas d'eau, connu sous le nom de système Sommeiller. Ces perfectionnements permettent de faire disparaître l'inconvénient reproché au compresseur à eau, sa faible vitesse de fonctionnement, et, par suite, la dépense d'établissement; ainsi l'appareil Hanarte a pu fonctionner à la vitesse de 44 tours par minute, c'est-à-dire à peu près à la même vitesse que les compresseurs Colladon, en présentant l'avantage de la simplicité de la construction, de la suppression complète des espaces nuisibles et du faible entretien des divers organes.

Emploi de l'électricité comme force motrice.— On a depuis quelque temps commencé à appliquer l'électricité pour le transport à distance de la force motrice; les premiers essais vraiment pratiques, sont ceux qui ont été faits à Sermaize, par MM. Chrétien et Félix, pour le labourage; la puissance primitive de huit chevaux a pu être transmise à 500 mètres de distance, avec un rendement de 50 pour 100. Les inventeurs ont également construit un appareil de déchargement qui a servi à décharger 4,000 tonnes de betteraves, avec une sérieuse économie sur les procédés ordinaires.

DISTRICT DU SUD-OUEST.

Réunion du 21 décembre.

Poulie à grande adhérence (Communication de M. Champigny, sur une). — Cette poulie à gorge pouvant servir aux plans automoteurs, aux balances et monte-charges, aux transmissions, et au traînage mécanique, permet de compenser l'usure de la gorge, d'obtenir l'adhésion qu'on désire et d'adapter une même poulie à tout diamètre de câble.

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS.

Séance du 10 février.

Résistance du fer et de l'acier aux basses températures (Communication de M. J.-J. WEBSTER, sur la). — L'auteur a fait personnellement des expériences sur des barres de fer, fonte malléable, acier Bessemer et acier fondu au creuset, à la traction, au cisaillement et au choc, à des températures de +10° et de — 15°; cette dernière température étant obtenue au moyen d'un mélange réfrigérant.

Les conclusions sont que : 1° lorsque le fer ou l'acier sont soumis à des efforts de traction, la résistance à la rupture n'est pas affectée par une température de — 15°; mais la ductilité est accrue de 1 pour 100 pour le fer, 3 pour 100 pour l'acier; 2° si la fonte est soumise à un effort transversal à basse température, la résistance à la rupture diminue de 3 pour 100 et la flexibilité de 16 pour 100; 3° si des barres de fer, fonte, fonte malléable, acier, sont éprouvées au choc, à la température de — 15°, la résistance à la rupture diminue ainsi que la flexibilité dans les proportions suivantes :

	Diminution dans la résistance au choc.	Diminution dans la flexibilité.
Fer.....	3 %	18
Acier fondu à outils.	3,5	17
Fonte malléable.....	4,5	15
Fonte.....	21	non constatée.

Séance du 24 février.

L'emploi de l'asphalte et du bitume minéral dans les constructions (Communication de M. W. H. DELANO, sur). — L'auteur passe en revue la composition des asphaltes, leurs propriétés, leur préparation, leur emploi pour les constructions telles que les fondations de machines, les planchers, le pavage, etc.; enfin leurs avantages sur les préparations artificielles par lesquelles on a cherché à les remplacer.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1880

N° 3

Pendant le mois de mars les questions suivantes ont été traitées :

1° *Pont jeté sur le Missouri*, près la petite ville de Saint-Charles, pour le chemin de fer du Pacifique, par M. Kremer (séance du 5 mars, page 364).

2° *Saint-Gothard* (raccordement des deux galeries du Tunnel du), par M. Daniel Colladon (séances des 5 et 19 mars, pages 329, 365 et 390).

3° *Chemin de fer du Téhuantépec*, par M. Cotard (séance du 5 mars, page 365).

4° *Travaux publics projetés aux anciens, et sur les conditions, les circonstances et l'ordre dans lesquels ils doivent être exécutés* (*Etude sur les moyens d'adopter au mieux des intérêts généraux les nouveaux*), par M. Love (séance du 5 mars, page 366).

5° *Chemins de fer* (la question des) (séance du 5 mars, page 370).

6° *Congrès International du Génie civil* (séance du 19 mars, page 389).

7° *Sondages* (ouvrage de M. Lippmann) (séance du 19 mars, page 390).

8° *Bielles et paliers des machines à vapeur* (emploi de formes élastiques dans les), par M. Augustin Normand (séance du 19 mars, page 391).

9° *Tarifs des chemins de fer* (prix de revient et), par M. Marché (séance du 19 mars, page 393).

10° *Tarifs des chemins de fer et prix de revient des transports*, par M. Lejeune (séance du 19 mars, pages 346 et 399).

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

De M. Ducher, éditeur, un exemplaire du *Cours de construction à l'École d'application de Belgique*, par le major du génie N. de Vos.

De M. Armengaud aîné, membre de la Société, un exemplaire d'une Notice sur le service des *Eaux de Versailles*, *Marly*, *Meudon et Saint-Cloud*.

De M. Alfred Cottrau, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Ferrovia Palermo-Marsala-Trapani, considerazioni sulla scelta dei tipi da adottarsi pel materiale mobile e sull' esercizio pio economico della linea.*

De M. Ch. de Franqueville, un exemplaire d'une lettre adressée à M. le Président de la Commission des Annales des ponts et chaussées.

De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur le *Rachat des chemins de fer*.

De M. John Moschell, ingénieur, un exemplaire d'une Notice sur le *Chemin de fer à voie étroite de Lausanne à Échallens*.

De M. Émile Level, membre de la Société, un exemplaire de deux brochures intitulées : *les Chemins de fer devant le Parlement*.

De M. Imbert, membre de la Société, un exemplaire de son Mémoire sur le *Touage sur chaîne noyée*.

De M. Loisel (Félix), ingénieur, un exemplaire de son *Annuaire spécial des chemins de fer Belges* et des exemplaires de quelques réflexions sur la *Réforme des Tarifs*.

De M. Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire du *Cours de mécanique industrielle*, par J.-V. Poncelet, en 1829. Un exemplaire du *Guide du mécanicien conducteur de machines locomotives*, par E. Flachat et J. Petiet (1840).

De M. Alfred Durand Claye, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa Note sur la *Stabilité des voûtes*.

De M. Hauvel, ingénieur, un exemplaire d'une Notice sur le *Surchauffeur différentiel*.

De M. Thomas Cleemann, ingénieur, un exemplaire de son livre intitulé : *The Railroad Engineer's Practice.*

De M. Ledoux, ingénieur des mines, un exemplaire de son Mémoire sur l'emploi de la *Détente dans les machines d'extraction.*

De M. Manuel Fernandez, ingénieur, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Informe sobre il Reconocimiento del istmo de Tehuantepec.*

De M. Walter Meunier, membre de la Société, un exemplaire de son Rapport sur l'essai d'une *Machine Compound demi-fixe*, fonctionnant à la filature de M. Antoine Herzog, à Colmar.

De M. Georges, Prus membre de la Société, un exemplaire d'un Rapport de M. Benigno Arce, ingénieur en chef de 1re classe, au corps des Mines, intitulé : *Apuntes acerca de los criaderas de Calamina y Blenda situados in los picos de Europa y de la explotacion que de los Misinos hace la sociedad Minera la Providencia.*

De M. Mathias (Ferdinand), membre de la Société, un exemplaire de sa Notice sur les *Machines à percer et à tarauder sur place les trous d'entretoises de foyers de locomotives.*

De M. Nordling, membre de la Société, un exemplaire de sa Notice intitulée : *Die Alternativ-Trassen der Arlberg-Bahn.*

De M. Deghilage, membre de la Société, un exemplaire de son Mémoire sur les *Machines locomotives à l'Exposition universelle de* 1878.

De M. Albert Jacqmin, ingénieur, un exemplaire de son Étude sur les *Chemins de fer des Pays-Bas.*

De M. Colladon, membre de la Société, un Mémoire sur le *Percement du Saint-Gothard.*

De M. Bergeron, membre de la Société, une Note sur les *Réformes dans la pose et l'entretien de la voie des chemins de fer.*

De M. Trélat, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur l'*Architecture contemporaine.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Abadie,	présenté par MM.	Seyrig, Terrier et Vée.
	Arnoult,	—	Dambricourt, Level et Regnard.
	Avisse,	—	Gottschalk, Molinos et Moreaux (Félix).
	Barré,	—	Cahen-Strauss, Ivan Flachat et Vallot.
	Blanchard,	—	Delaporte, G. Hignette et Lepany.
	Borodine,	—	Gottschalk, Mallet et Marché.
	Cantagrel,	—	G. Dumont, Gottschalk et Huet (Paul).

MM. Chaix, présenté par MM. De la Berthelière, Guillemant et Moreaux.
Chiesa, — Collet, Cotard et Gottschalk.
Coffinet, — Gottschalk, Loustau et Richard.
Cruchet, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Despaux, — Carimantrand, Gottschalk et Mallet.
Garde, — Chabrier, Matthiessen et Sergueeff.
Gueyton, — Delaporte (Georges), Lepany et Richou.
Hauet, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Herwegh, — Cotard, Couard et Dupuis (Ed.).
Lacroze, — Gottschalk, Loiseau (D.) et Urbain (V.).
Lemoine, — Armengaud aîné père, Armengaud aîné fils et Delage.
Ling, — Desgrange, Gottschalk et Molinos.
Lowe, — Chapman, Closson et Gautier (F.).
Olivier, — Perret, Robin (Albert) et Tresca (Alfred).
Paul, — Carimantrand, Demimuid et Dubos (Paul).
Regray, — Gottschalk, Loustau et Mathieu.
Peignot, — Jaunet, Legat et Marchal.
Reinhardt, — Gottschalk, Desgrange et Mathieu.
Roux, — Carimantrand, Mallet et Severac.
Vanden-Berghe, — Berthon, Clémandot et Ivan Flachat.

Comme Membres Associés :

MM. Baudin, présenté par MM. Courras, Gottschalk et Richard.
Dulin, — Cholet, Jullin et Rubin.
Gissien, — Carimantrand, Mallet et Marché.
Mulot, — Cacheux, Eiffel et Jouvet.
Polack, — Gottschalk, Loustau et Marché.

MÉMOIRE

SUR LES TRAVAUX D'AVANCEMENT

DU

TUNNEL DU SAINT-GOTHARD

ET SUR LE

RACCORDEMENT EXACT DES DEUX GALERIES

EFFECTUÉ LE 29 FÉVRIER 1880

PAR M. DANIEL COLLADON
Ingénieur-Conseil de l'Entreprise L. Favre et Cie.

En présence d'un fait aussi important, pour l'art des constructions et la jonction future des lignes ferrées, que celui d'un souterrain à double voie et à ciel fermé[1], long de 14 920 mètres, percé en moins de sept ans et cinq mois, malgré une série tout à fait extraordinaire d'obstacles qu'on n'aurait pu prévoir, il n'est pas superflu de jeter un premier coup d'œil en arrière en rappelant brièvement les conditions acceptées par l'entrepreneur, ses obligations, celles de la Compagnie qui lui confiait l'exécution du grand tunnel, et les difficultés qui ont retardé et rendu plus difficiles les travaux d'excavation.

Le point le plus essentiel pour la rapide exécution d'un tunnel à ciel fermé, c'est l'accélération du progrès de ses deux galeries d'avancement, c'est pour cela surtout qu'il importe d'avoir à leur front de taille, quelle que soit la profondeur, une grande puissance mécanique disponible, d'excellentes perforatrices et un vigoureux aérage, afin de remédier à l'étroitesse de l'espace libre et à l'impossibilité de multiplier à volonté contre le front d'avancement, le nombre des ouvriers chargés de l'attaque.

1. C'est-à-dire sans puits intermédiaires entre ses extrémités.

CHAPITRE PREMIER.

Circonstances difficiles exceptionnelles qui ont entravé les travaux d'exécution du tunnel du Saint-Gothard.

C'est en août 1872, que la Compagnie avait choisi M. Louis Favre, comme entrepreneur de la totalité des travaux du grand tunnel, et à la fin du même mois, le Conseil fédéral approuvait la convention.

La Compagnie fixait seule l'emplacement, la longueur, les dimensions et les pentes du tunnel, les endroits à revêtir et l'épaisseur des maçonneries d'après un certain nombre de types convenus dépendants de la nature de la roche.

La longueur de ce tunnel était en ligne droite de 14,920 mètres, plus un tunnel de raccordement en courbe, long de 145 mètres du côté d'Airolo.

La pente du côté nord (Göschenen) était fixée à 5,82 °/₀₀, et du côté sud (Airolo) à 1 °/₀₀.

La vérification des axes était réservée à la Compagnie, et le temps perdu par l'entreprise pour cette vérification ne saurait par conséquent être compté à sa charge.

Les travaux de percement sur la longueur ci-dessus concernaient uniquement M. L. Favre, qui (article 5 du traité) « prend comme il « l'entend toutes les mesures qu'il juge utiles pour l'exécution du « tunnel. »

Ainsi l'entrepreneur dut faire à ses frais et comme il l'entendait, les dérivations des torrents, tous les appareils hydrauliques, les compresseurs et les conduites d'air, les voies de fer provisoires, tous les engins de perforation, ceux de transport, d'aération; tous les bâtiments nécessaires à son entreprise : ateliers, magasins, logements et réfectoires d'ouvriers, hôpitaux, Sainte-Barbes, etc., tout l'outillage des ateliers et des chantiers de l'intérieur du tunnel.

Les travaux pour rendre les abords dégagés de tout obstacle sérieux, devaient être entièrement l'œuvre de la Compagnie.

M. L. Favre, à qui incombait presque subitement une charge énorme de formalités à remplir, d'études à faire ou compléter, d'une organisation immense, aurait dû trouver presque immédiatement après la ratification du traité, les abords complètement libres et déblayés par les soins de la Compagnie [1]. Il en fut autrement :

DU COTÉ NORD, celui de Göschenen, le portail du tunnel était complètement inabordable, il se trouvait entièrement masqué par un massif granitique surmonté de terres éboulantes et d'énormes blocs erratiques. L'ingénieur chef, au lieu de s'occuper de leur déblaiement, se contenta de faire percer à la main une galerie de très petite section à niveau du sol du tunnel, et, au commencement d'octobre, il annonça à M. Favre, que le portail du tunnel ayant été atteint, à l'extrémité de cette galerie, il pouvait commencer ses travaux. Cette conclusion était d'autant plus défavorable qu'un énorme amas de blocs et de terrains éboulants continuait à masquer le portail du tunnel, et que M. Favre avait annoncé dès l'origine du traité qu'il attaquerait le tunnel en plaçant sa galerie d'avancement près du sommet de la voûte.

M. Gerwig prétendait obliger M. Favre à percer sa galerie d'avancement par le bas ; l'entrepreneur, plus expérimenté que lui, persista dans son plan. Mais, poussé à bout par les retards et les exigences de l'ingénieur en chef, il dut, bien malgré lui, prendre en mains l'achèvement des abords, déblayer la tranchée d'accès jusqu'au portail, et construire en dehors de ce portail une voûte en granit pour préserver son personnel, contre les éboulements. Ce fut seulement le 17 novembre qu'il put attaquer la galerie d'avancement à la limite où commençaient en réalité ses obligations, c'est-à-dire trois mois après la signature du traité.

A la hauteur de 1109 mètres, au pied des Hautes-Alpes, la campagne d'hiver commence dès les premiers jours de novembre et l'abon-

1. Cette obligation de l'ingénieur en chef était d'autant plus dans son devoir strict que, d'après les conventions, le cautionnement de huit millions fourni par l'entreprise, pouvait être confisqué si le tunnel n'était pas complètement achevé en 9 ans, et que, dès la fin de la huitième année, M. Favre était passible de l'énorme amende de cinq mille francs par chaque jour de retard sur l'achèvement des travaux à sa charge. Dans ces huit ans ne doivent pas être compris les jours de chômage exigés par la Compagnie, pour la vérification des axes et pour d'autres motifs.

dance des neiges, les froids intenses, rendent difficiles ou impossibles les travaux extérieurs. Ce retard équivalait donc, à divers égards, à un semestre perdu.

DU COTÉ SUD, les travaux purent commencer plus tôt, c'est-à-dire le 13 septembre; mais, dès le mois de novembre suivant, des infiltrations menaçantes vinrent compliquer l'excavation. Le premier rapport publié par la Direction de la Compagnie sur les travaux du tunnel en 1872, dit (p. 44) : « Dès le mois d'octobre, l'affluence des eaux avait « pris des proportions extraordinaires, et, le 24 novembre, on rencontra « une couche désagrégée de laquelle s'échappait un petit torrent; ses « eaux charriaient une telle quantité de débris que, dans les premiers « jours, il ne pût être question de continuer. Tous les efforts durent « se reporter sur le déblaiement des débris et sur l'écoulement des « eaux, dont le débit atteignait jusqu'à 15 et 30 litres par seconde. »

Si on réfléchit à la faible pente assignée au tunnel, *celle d'un millième du côté sud*, et à la section restreinte de la galerie d'avancement, *six à sept mètres carrés*, on comprendra les difficultés qui naissaient de ces fortes infiltrations.

Mais ce n'était qu'un prélude.

Les rapports trimestriels officiels du Conseil fédéral constatent que les infiltrations plus ou moins violentes dans la galerie d'Airolo, ont atteint les proportions suivantes :

En mars 1873, 75 litres par seconde;

En septembre 1873, 195 litres par seconde;

En 1874, les infiltrations ont varié de 200 à 271 litres par seconde[1].

Ces rapports constatent que ces infiltrations se sont présentées le plus souvent sous forme de jets d'une extrême violence; ainsi le neuvième rapport parle de jets de 15 litres par seconde à 1,225 mètres de l'embouchure, et, à 13 mètres plus loin, d'une cascade sortant d'une fissure, etc. La galerie d'avancement du côté sud était changée en un aqueduc avec 30 à 40 centimètres de hauteur d'eau boueuse, sous laquelle il fallait percer et charger les trous de relevage, mariner les débris, poser la voie, etc.

1. Au mont Cenis, les infiltrations n'ont guère dépassé deux ou trois litres par seconde d'un même côté. Au mont Hoosac, d'après les rapports officiels, on a considéré comme un grave obstacle, qui a notablement nui à la rapidité d'exécution et augmenté la dépense, un volume d'infiltration de dix-huit litres par seconde.

Dans ces mêmes années, on fit la rencontre de très nombreuses failles, ordinairement accompagnées de boues et de graviers qui se versaient dans la galerie.

Malgré leur excessive gravité et les excès de dépenses, de temps et d'argent occasionnés par ces difficultés, ni ces failles, ni ces énormes infiltrations n'ont été le principal obstacle opposé à la rapidité de l'excavation du côté sud du tunnel. Un troisième incident a causé plus de dommages à l'entreprise que ceux déjà énumérés. Je veux parler du déficit inattendu dans la quantité d'eau motrice disponible dans les deux seuls torrents utilisables à l'extrémité sud, près du tunnel : la Tremola, qui descend du lac Sella avec une forte pente, et le Tessin, beaucoup moins rapide dans le voisinage du tunnel.

Dans les hautes vallées des Alpes, l'époque des très basses eaux des torrents coïncide toujours avec les grands froids. Ni M. L. Favre, ni M. Colladon, son ingénieur-conseil, surtout pour les parties techniques, ne pouvaient attendre l'hiver pour établir des moyens de jaugeages et décider du choix des moteurs, de l'emplacement des dérivations et des hauteurs de chute. En présence du peu de temps accordé pour le percement et des énormes amendes à encourir, il fallait arrêter avant la fin de l'automne toutes ces données et commander le plus tôt possible les puissants appareils hydrauliques et les compresseurs d'air indispensables pour la perforation mécanique à établir sur une grande échelle.

L'ingénieur en chef M. Gerwig, pendant qu'il avait longuement étudié avec M. Beckh, en 1864 et 1865, les projets du chemin de fer du Gothard avec tunnel de Göschenen à Airolo, aurait pu et dû s'assurer par des jaugeages des volumes d'eau disponibles en hiver dans la Tremola et le Tessin, ou insister auprès du Gouvernement du Tessin pour les faire exécuter avec suite, avant d'affirmer des volumes exagérés pour les minima de ces torrents. En effet, leur rapport technique publié en 1865, dit, page 45 : « On ne manquera pas de puis-« santes chutes d'eau sur les deux versants du Gothard; la Reuss et « le Tessin EN DONNENT PLUS QU'IL N'EN FAUDRA; SUR LE VERSANT MÉRI-« DIONAL, ON POURRA EN OUTRE UTILISER LES EAUX DE LA TREMOLA. »

Dans le même rapport technique, page 46, M. Gerwig calcule les dimensions à donner à un canal de dérivation pour dévier du Tessin l'eau motrice, et il en fixe comme suit les dimensions et le coût probable : « Longueur 900 mètres, largeur 7m,50, profondeur 3 mètres.

« Frais d'exécution 75,000 fr. (!!!). » C'était, on le voit, un vaste canal de 22m²,50 de section, d'où on doit conclure qu'il comptait sur un volume moyen d'eau motrice de plusieurs mètres cubes par seconde. Il est reconnu aujourd'hui que, près d'Airolo, le volume d'eau du Tessin descend pendant les grands froids à un mètre cube et même au-dessous. La chute obtenue par un canal de 900 mètres de longueur n'aurait donné que le tiers au plus de la force motrice nécessaire.

Les résultats d'expériences de jaugeage, exécutées pendant les années 1871 et 1872 sur le Tessin et la Tremola, par l'ingénieur du canton du Tessin, M. Fraschina, furent transmis à l'entrepreneur par les bureaux de la Compagnie. Ils donnaient les chiffres suivants :

EXPÉRIENCES EN NOVEMBRE 1871 :

Tessin 6,890 litres par seconde; Tremola 897 litres.

EXPÉRIENCES EN JANVIER 1872 :

Tessin 5,170 litres par seconde; Tremola 710 litres.

Dans le premier rapport officiel de la Compagnie, sur les travaux de 1872, il est dit, page 45 : « Pour la perforation mécanique du côté « d'Airolo, on utilisera les eaux de la Tremola ; pour obtenir une force « de 600 chevaux il faudra une chute de 165 mètres. »

C'est en effet cette hauteur de chute que conseillait d'adopter M. Gerwig, dans une visite faite sur place au commencement de septembre 1872, entre lui, MM. Favre, Turrettini et Colladon.

Les chiffres ci-dessus ne pouvant s'appliquer qu'à une force effective à réaliser sur les compresseurs, supposaient un volume d'eau minimum supérieur à 400 litres par seconde.

Dès le commencement de septembre 1872, M. Colladon avait insisté auprès de l'ingénieur, chef de section de l'entreprise à Airolo, pour qu'il fit établir un déversoir sur la Tremola. Les difficultés étaient grandes par suite de l'encombrement des roches dans le lit très accidenté du torrent. Néanmoins, M. Maury put prendre une mesure approximative et il annonça, le 19 septembre, qu'il avait trouvé un peu plus de 340 litres. A la suite de cet avis, on fit changer la hauteur de chute qui fut portée à 180 mètres, maximum qu'on ne saurait dépasser lorsqu'il s'agit de turbines de 200 chevaux, ou plus.

Malgré cette surélévation, on reconnut que l'eau de la Tremola ne

pouvait fournir en hiver la puissance nécessaire; en 1873 et 1874 son volume d'eau fut souvent inférieur à 100 litres par seconde[1].

M. Favre dut se résoudre à entreprendre une autre dérivation, en barrant le Tessin à environ 3 kilomètres en amont du bâtiment des compresseurs d'Airolo, pour obtenir une chute utile de 90 mètres près des ateliers. Les difficultés de ce travail ne peuvent être bien comprises qu'après un examen sur place; il suffira de dire que le Tessin, sur cette longueur, est encaissé entre des rives à pic, formant le pied de la Fibbia, haute de 2,740 mètres, sommité d'où descendent chaque hiver de nombreuses avalanches de neiges, de terres et de rochers ; et de plus ces parois contre lesquelles il fallait suspendre le canal, ne présentent que des roches en décomposition.

Pendant les quatre années qui ont suivi l'établissement de cet aqueduc, il y a eu 19 fortes avalanches qui, toutes, ont entamé une certaine longueur de la conduite, occasionné une suspension de la force motrice et exigé de coûteuses réparations.

A ces causes de retard, on pourrait ajouter la rencontre, sous les plaines d'Andermatt, à 2,800 mètres de l'entrée nord du tunnel et sur près de 60 mètres de longueur, d'un terrain friable composé de feldspath décomposé avec mélange d'alumine et de plâtre qui, absorbant l'eau atmosphérique et cédant aussi à une pression supérieure d'une couche de 300 mètres, s'effrite et se gonfle avec une puissance telle que les plus forts boisages sont insuffisants et que les premiers revêtements en granit calculés et ordonnés par l'ingénieur en chef de la Compagnie ont été écrasés à deux reprises. Le troisième, actuellement en construction, se compose d'une voûte en granit dont l'épaisseur est de $1^{m},50$ et celle donnée aux pieds-droits est de 3 mètres. Les boisages et les remblaiements partiels pour résister à cette poussée pendant cette série de travaux de réfection, ne laissent qu'un étroit passage, et pour transporter plus loin la locomotive à air comprimé, il a fallu en démonter les pièces et les remonter au delà.

A côté de cette série d'obstacles, dont la plupart remontent à des cas de force majeure, l'entrepreneur M. Favre a eu à subir maints arrêts ou difficultés, provenant de la position pécuniaire difficile dans laquelle la Compagnie s'est trouvée enveloppée, par suite de l'insuffi-

1. Pendant l'hiver actuel, de fin octobre à fin mars, le volume d'eau de la Tremola a varié entre 50 et 80 litres par seconde.

sance des premiers devis et des dépenses excessives causées par l'imprévoyance de son premier ingénieur en chef.

Dans des terrains aussi difficiles que ceux qui se rencontrent dans les hautes vallées des Alpes, et en particulier de ceux des vallées de la Reuss et du Tessin, les projets basés sur des coupes et plans relevés à une échelle de $\frac{1}{10,000}$ sont dangereux et peuvent conduire à des erreurs capitales dans la prévision des dépenses[1]. En outre, M. Gerwig avait abandonné le plus souvent le sol de la vallée pour suspendre sa ligne contre les flancs élevés des parois presque à pic qui dominent ces vallées, système excessivement coûteux et peu rationnel. Son successeur, M. Helwag, a dû faire suspendre les travaux sur toutes les lignes d'accès, reprendre les études des parties difficiles à l'échelle de $\frac{1}{1,000}$ et modifier dans leurs bases les projets de son prédécesseur. Au lieu de suspendre la voie ferrée à de grandes hauteurs, il la maintient autant que possible dans le fond de la vallée, et franchit ensuite les ressauts au moyen de tunnels en hélice. C'est ce dernier projet beaucoup plus rationnel, qui est aujourd'hui en pleine exécution depuis la reconstitution de la Compagnie[2].

1. Je rappelle à cette occasion les belles études que M. l'Ingénieur suisse, Georges Lommel, directeur technique du chemin de fer du Simplon, a présentées en 1878, à l'Exposition universelle et à la Société des Ingénieurs civils, sur le tunnel du Simplon et le chemin de fer à double voie depuis l'extrémité sud de ce tunnel jusqu'à Domo d'Ossola; ces études ont été faites d'après un relevé à l'échelle de $\frac{1}{1000}$ sur toute l'étendue de cette ligne. Le Jury de la classe 66 a accordé une double récompense à ces deux études, une médaille d'or et un diplôme d'honneur, et dans notre Société, séance du 3 mai, notre Président, M. H. Tresca, a parlé de ces études *comme d'un modèle à recommander aux jeunes ingénieurs qui auront à s'occuper de semblables travaux.*

2. Dès 1879, M. Helwag a été remplacé, comme Ingénieur en chef de la Compagnie, par notre éminent collègue G. Bridel, ancien élève de l'Ecole centrale, bien connu par de grandes entreprises rapidement et habilement menées à bonne fin, et qui a su déjà imprimer une remarquable activité aux importants travaux en voie d'exécution sur la ligne entière du chemin du Gothard.

CHAPITRE II.

Jonction des deux galeries d'avancement.

La Direction de l'entreprise, prévoyant la jonction prochaine des deux galeries, avait fait établir des communications télégraphiques régulières entre la galerie d'avancement nord et celle du côté sud. En outre, depuis la dernière semaine de février, le chef mineur du côté sud faisait avancer au centre du front de taille de l'avancement, une sonde longue de 3 mètres, ayant une tête en ciseau pour percer un trou de 0m,08 à 0m,10 de diamètre. Samedi soir, 28 février, la sonde frappa dans le vide et les communications verbales ou écrites purent s'échanger par ce trou de sonde. Les trous forés pour les explosions furent réduits de 1m,20 à 0m,80 et 0m,70 et chargés du côté sud. Lorsque le massif fut réduit à 1m,40, on fit du côté sud la perforation comme à l'ordinaire, mais en chargeant seulement les quatre trous centraux, *ou de rainure*, autour de celui de sonde, et sept autres trous percés à l'entour espacés sur un cercle d'environ 1m,30 de diamètre. Après le garage et l'explosion, on trouva le massif percé d'une large ouverture en entonnoir ayant 1m,50 environ de diamètre du côté sud et un peu plus de 0m,80 du côté nord.

Les premiers arrivés purent franchir cette ouverture.

Il y a dans cette jonction si heureusement opérée, presque à temps voulu, deux points essentiels à distinguer :

Le premier, *c'est l'exactitude de la rencontre;*

Le second, *c'est la rapidité d'exécution du percement total, malgré les colossales difficultés précédemment énumérées.*

Ces deux questions étant parfaitement distinctes nous les discuterons séparément.

I

Rencontre des deux lignes extrêmes du tunnel.

Les directions de chacune des lignes d'axe des galeries séparées nord et sud peuvent varier, l'une par rapport à l'autre, soit en hauteur, soit en sens horizontal. On peut aussi commettre une erreur dans la longueur totale calculée trigonométriquement.

Ces erreurs possibles n'ont pas toutes la même gravité; la plus nuisible serait une déviation latérale; une erreur dans le sens vertical est bien moins grave, et enfin, une différence entre la longueur prévue et la longueur réelle mesurée après la jonction, n'a aucun effet regrettable.

Les précautions préliminaires et celles prises pendant le temps du percement pour maintenir l'axe des deux galeries d'avancement dans un même plan vertical, sont donc les plus intéressantes et les plus essentielles.

La longueur du tunnel définitif à percer entre Airolo et Göschenen avait été fixée, dès le mois de juin 1872 à 14,900 mètres, en y comprenant un prolongement *en ligne courbe* de 145 mètres du côté d'Airolo. Mais, pour faciliter la vérification des lignes d'axe et les travaux d'excavation, le tunnel a été prolongé en ligne droite sur une longueur de 165 mètres, et la longueur totale rectiligne à exécuter fut ainsi portée à 14,920 mètres. Le tunnel doit avoir une double voie.

D'après des nivellements antérieurs, la hauteur du sol à la porte du tunnel à Airolo, *côté sud*, se trouve à 1,145 mètres au-dessus de la mer et celle du sol à Göschenen, *extrémité nord*, à 1,109 mètres.

L'inclinaison du côté nord est de $\frac{5,82}{1000}$ et du côté sud $\frac{1}{1000}$.

La détermination du plan vertical dans lequel doivent se maintenir les axes de chaque moitié du souterrain, a présenté plus de difficultés au Gothard qu'au Fréjus.

En Piémont, la montagne du grand Vallon, intermédiaire entre Modane et Bardonnèche, domine les deux vallées extrêmes, et, de l'observatoire placé à son sommet, on avait pu fixer dans ces vallées un certain nombre de points pour déterminer ce plan vertical, et en reporter ensuite la trace sur les deux portails du tunnel et au-dessus.

Au Gothard, le Castelhorn, haut de 2,977 mètres et sous lequel passent les parties centrales du tunnel, a deux sommités assez voisines, à peu près de même hauteur, et dont l'une, inaccessible, masque les sommités plus éloignées. Il a fallu recourir à un procédé indirect en reliant entre elles les extrémités du tunnel par une série de triangles. M. l'ingénieur suisse, Otto Gelpke, chargé en 1869 de ce travail difficile, s'en est acquitté avec habileté et un grand dévouement.

Son réseau, composé de onze triangles, a été relié à la triangulation fédérale exécutée sous la direction des astronomes Plantamour et Hirsch, et d'autre part avec une base longue de 1,450^{m},44, mesurée préalablement dans la plaine d'Andermatt, sous laquelle passe le tunnel.

M. Gelpke a répété un très grand nombre de fois toutes les lectures d'angles et a tenu compte des inclinaisons de chaque ligne du réseau, pour faire servir ces mesures à la vérification des hauteurs de niveau.

Les hauteurs ainsi déterminées se sont trouvées coïncider à 0^{m},098 près, avec deux nivellements de précision exécutés antérieurement par deux ingénieurs fédéraux : le premier, par M. Benz, en 1869, et le second par M. Spahn en 1872 [1].

Pour un tunnel de quinze kilomètres environ, une erreur de 5 secondes de chaque côté pourrait entraîner une déviation de 0^{m},40 près du milieu de sa longueur.

L'ingénieur en chef de la Compagnie, voulant contrôler la première triangulation, décida d'en faire faire une seconde par M. C. Koppe, au moyen d'une triangulation différente et avec d'autres instruments. Cet habile ingénieur ne put exécuter ce travail qu'en 1874. Ses procédés et les résultats obtenus ont été publiés par M. S. Pestalozzi dans le journal l'*Eisenbahn*. Pour cette seconde triangulation, M. Koppe fit établir, avec des difficultés inouïes, sur les principaux sommets faisant partie du nouveau réseau, des troncs de cônes verticaux en maçonnerie de moellons taillés, réunis et recouverts par du mortier au ciment; puis le tout fut verni à l'huile à l'extérieur. Ce tronc de cône enveloppe la partie inférieure d'un tube en fer de 0^{m},07 à 0^{m},10 de diamètre. Dans ce tube, dont l'extrémité supérieure est filetée, on peut

1. M. Gelpke a publié ses observations dans un mémoire inséré dans les Comptes rendus de la Société des Sciences naturelles de Berne, 1870. Il va publier très prochainement dans le *Journal allemand des Géomètres*, un mémoire général sur les vérifications de l'axe du tunnel du Saint-Gothard.

fixer à volonté, soit une tige en bois de couleur blanche portant un drapeau signal, soit une plate-forme centrée sur l'axe et pouvant recevoir un théodolite. La différence de hauteur des deux entrées du tunnel obtenue par ces mesures n'a différé que de $0^m,08$ avec celle qu'on avait trouvée par les nivellements de précision.

Pour les vérifications des lignes d'axe pendant la durée de la perforation, il existe deux observatoires dont le toit mobile peut au besoin s'enlever; ils sont placés l'un à Göschenen, à 584 mètres du portail nord; l'autre à Airolo, à 358 mètres du portail sud. Dans l'intérieur de chacun, on a fixé sur le roc un pilier en granit pour recevoir de grands instruments de passage dont la lunette a $0^m,06$ d'ouverture et $0^m,60$ de distance focale. Ces lunettes sont placées sur le prolongement de l'axe de la partie du tunnel qu'elles doivent diriger. Elles ont servi successivement à déterminer les lignes d'axe ou à vérifier les positions astronomiques.

M. Koppe, qui a eu la direction de ces deux observatoires, a fait établir contre la montagne, à une certaine hauteur et dans le plan vertical des axes, des repères au-dessus du centre des bouches du tunnel. Ces repères, visibles des observatoires, sont des plaques métalliques circulaires de couleur blanche, percées au centre d'une petite ouverture derrière laquelle on peut placer la flamme d'une lampe pour les observations de nuit.

A l'origine du percement, les observatoires suffisaient pour la rectification des axes; mais, au delà d'une certaine profondeur, il devenait impossible d'apercevoir les flammes des lampes à pétrole employées pour cette rectification [1]. Il devint indispensable de transporter, à chaque vérification, un instrument à réversion dans l'intérieur même des galeries.

Après divers essais, on a trouvé que le procédé le plus simple est de placer la lampe sur un pied de théodolite; un télégraphe portatif met en communication immédiate les deux opérateurs : celui qui vise et celui qui manie la lampe. Quand la position de celle-ci est exacte, on reporte cette position contre le plafond au-dessus, au moyen d'un fil à plomb et d'un crampon en fer fixé à la voûte; on trace à la lime un trait de repère sur ce crampon. On progresse ainsi, en ayant

1. La flamme du magnésium a été essayée, mais la fumée produite par cette flamme et la rapide combustion du fil ont fait abandonner ce procédé.

soin de retourner la lunette à chaque opération pour rectifier sa position par un coup arrière sur les repères précédents.

La Compagnie s'était engagée à donner à l'entreprise un point de prolongement, *au moins tous les* 200 *mètres*. Ces opérations se sont répétées plusieurs fois par an, et chaque fois il a fallu suspendre préalablement le travail quelques heures pour ventiler.

En dehors de ces opérations *à courte distance*, il est devenu nécessaire, une ou deux fois par an, de faire en grand une vérification. Dans ce dernier cas, les travaux d'excavation doivent cesser en moyenne deux jours à l'avance de chaque côté, quelquefois trois, ou même quatre jours.

M. Koppe vient de publier dans l'*Eisenbahn* du 20 février des détails sur les derniers perfectionnements employés et sur les nombreuses opérations successives qu'il a fallu faire pour ces rectifications générales, depuis que chaque partie du tunnel avait acquis une longueur de quelques kilomètres.

La méthode la plus exacte, adoptée en dernier lieu pour déterminer le plan d'axe, consiste à placer alternativement sur une espèce de plateforme à couloir horizontal garni de vis de rappel, tantôt le théodolite et tantôt la lampe, en opérant à l'aide des vis de rappel, des mouvements très doux et presque insensibles jusqu'à la complète coïncidence des centres et vérifiant, ou reportant ensuite ces centres, avec le fil à plomb.

Malgré le temps consacré à la purification de l'air du tunnel, il a fallu faire près de deux opérations par kilomètre du côté de Göschenen et près de trois par kilomètre du côté d'Airolo où l'humidité est beaucoup plus forte.

Du côté de Göschenen, la plus forte erreur de ces opérations partielles a donné $0^m,02$ en dehors du plan de l'axe; la moyenne a été d'environ $0^m,005$.

Du côté d'Airolo, la plus forte déviation a été de 0^m 07 et la déviation moyenne de $0^m,025$ environ.

Les journaux ont annoncé que la rencontre des deux galeries s'est effectuée très heureusement, le 29 février, un peu avant midi. La rencontre en hauteur et en direction dans un plan vertical a été remarquablement exacte, et, s'il y a eu erreur, elle ne dépasse pas un décimètre en hauteur et un et demi à deux, dans le sens horizontal. Ces

petites variations ne sont pas encore exactement vérifiées, mais leur importance est absolument nulle, quant à l'exécution finale.

Pour la longueur totale, il y a eu une différence en moins de 7m,60 entre les longueurs anciennement déterminées trigonométriquement et la somme des mesures directes prises dans le tunnel au moyen de règles ou de rubans d'acier. On n'a pas encore pu préciser laquelle de ces deux déterminations s'approche le plus de la vérité. C'est une vérification dont on s'occupe actuellement, bien qu'au point de vue de l'achèvement du tunnel, elle n'ait qu'un intérêt tout à fait secondaire. C'est essentiellement une question intéressante au point de vue scientifique.

Au mont Fréjus, la longueur calculée trigonométriquement a été plus courte que celle mesurée dans le tunnel après la jonction; la différence trouvée a été de 13m,55.

L'erreur latérale n'a pas été officiellement constatée ou publiée; on a seulement parlé, après le percement, d'une différence de 0m,35 à 0m,45.

II

Causes et Origines de la rapidité d'exécution du percement au Gothard.

Le percement du tunnel du Fréjus, long de 12,233m, 55, avait commencé un peu avant la fin de novembre 1857; les deux galeries ont été réunies par un trou de sonde le 25 décembre 1870, au bout de 13 ans et 1 mois environ.

Le percement du tunnel du Saint-Gothard n'a duré que 7 ans et 5 mois.

En tenant compte de l'excès de longueur de ce dernier qui est de 2,686m, 45,

On trouve pour les avancements totaux mensuels moyens:

Mont Fréjus	71m,551
Mont Saint-Gothard	167m,640

La vitesse d'avancement a donc été plus que double au Saint-Gothard,

malgré des difficultés tout à fait exceptionnelles dont le percement du Fréjus avait été exempt.

Pour énumérer les causes qui ont contribué à ce progrès extraordinaire dans la rapidité d'exécution de ce second travail, malgré les moyens puissants, pécuniaires et autres, dont on disposait au tunnel du Fréjus et le mérite bien reconnu de ses ingénieurs, il faudrait entrer dans une explication longue et détaillée des procédés mécaniques et du système d'exploitation qui avaient été adoptés de part et d'autre[1]. On pourrait de même comparer utilement le coût final de ces deux travaux et remarquer que le mètre courant percé par entreprise à forfait a été payé près de mille francs de plus au Fréjus qu'au Gothard, les sections étant d'ailleurs les mêmes[2].

En analysant très brièvement les causes qui ont surtout contribué à ce progrès extraordinaire à côté des mérites personnels incontestables de M. Louis Favre, on doit insister surtout sur les points suivants :

1° Le plan général d'exécution adopté dès l'origine par l'entrepreneur ;

2° Les perfectionnements importants et nombreux adoptés pour les installations mécaniques et l'utilisation rationnelle des forces hydrauliques disponibles ;

3° L'emploi de nouveaux compresseurs d'air à grande vitesse dans lesquels des améliorations importantes et l'adoption d'une injection d'eau pulvérulente permettaient de comprimer rapidement l'air à plusieurs atmosphères sans échauffement notable ;

4° L'usage de divers systèmes nouveaux de perforatrices très perfectionnées et d'affûts de formes variées, permettant de donner une grande extension à la perforation mécanique et de mieux utiliser la puissance de travail de l'air comprimé ;

1. M. Colladon en réfère pour ces détails à une notice qu'il a publiée en décembre 1875 sur les travaux mécaniques pour le percement du tunnel du Saint-Gothard, dans les *Archives des sciences de la Bibliothèque Universelle*, décembre 1875 et traduite en allemand, Orell Füssli et C°, Zurich.

2. MM. Sommeiller et Grattoni se sont chargés de terminer le tunnel du Fréjus à forfait par un traité du 31 décembre 1867. Le gouvernement italien leur a alloué 4,617 fr. par mètre linéaire, et, en outre, il leur a prêté gratuitement, toutes les installations payées en entier par l'État, et tout le matériel d'exploitation, les entrepreneurs n'étant chargés que des seuls frais d'entretien. Il restait à percer, au 31 décembre 1867, 4,387^{m},39. Le tunnel devait être achevé en 4 ans. (Rapport du Ministre des Travaux publics au Parlement italien, 27 avril 1871.) Pour le tunnel entier, la dépense totale, plus de 75 millions, équivaut à 6,140 francs par mètre courant au minimum.

5° L'adoption de la dynamite remplaçant la poudre comprimée dont on s'était servi au mont Fréjus;

6° L'emploi de nouvelles locomotives mues par l'air comprimé à 12 et 14 atmosphères, servant aux transports dans toutes les parties du tunnel où l'excavation de la cunette était assez avancée pour qu'on pût y placer une voie en fer large d'un mètre.

Le système général d'exploitation adopté par l'entrepreneur, était lié à l'attaque du tunnel *par le haut;* au mont Fréjus, la galerie d'avancement avait au contraire été pratiquée *par le bas*. Ce dernier système, préférable peut-être dans les terrains meubles, ne se prête pas aussi bien dans le rocher solide à un rapide avancement de l'excavation et du revêtement de la voûte. La plupart des ingénieurs se rangent aujourd'hui à cet avis et l'exemple du tunnel du Saint-Gothard est un des arguments les plus irréfutables en sa faveur.

Aussi le système belge préféré par M. Favre a-t-il été choisi par les autres entrepreneurs qui ont soumissionné très récemment les autres tunnels de la ligne où la perforation mécanique est employée.

A côté de cette base adoptée par M. Favre, tous les autres détails pour le développement du mode d'exploitation qu'il avait choisi, présentaient un ensemble remarquable pour une excavation régulière et rapide.

La grande puissance motrice hydraulique réalisée près des deux bouches du tunnel et l'usage de groupes nombreux de compresseurs d'air à très grande vitesse du nouveau système, ont permis, toutes les fois que l'eau motrice ne faisait pas défaut, de faire agir la perforation mécanique sur plusieurs chantiers : galerie d'avancement, abatages de droite et de gauche, creusement de la cunette sur deux étages, etc.

La ventilation a aussi été suffisante quand l'eau motrice pouvait faire agir tous les groupes de compresseurs, et les cloches d'aspiration qu'on avait contraint M. Favre d'établir à ses frais près des deux bouches du tunnel, sont restées sans emploi; d'ailleurs il eût été impossible du côté nord de prolonger le tube aspirant, dont le diamètre dépassait un mètre, au delà de 2,800 mètres de l'entrée, puisque là commençaient l'écrasement des voûtes et les innombrables étais dont j'ai parlé dans le premier chapitre. De même, du côté sud, les nombreuses failles avec éboulements, plusieurs passages difficiles qu'il fallait étayer fortement, ne permettaient pas d'atteindre avec le tube aspirant les chan-

tiers centraux, ni ceux d'avancement où l'aérage était le plus nécessaire.

Quant à adopter le système qui avait servi dans la partie nord du tunnel du Fréjus, c'est-à-dire d'utiliser l'aqueduc à la ventilation par aspiration, il est assez évident qu'avec une pente de 1 0/00 et des infiltrations de plus de 200 litres par seconde, ce canal d'air, eût-il eu plus d'un mètre carré, n'aurait pas même suffi à écouler ce volume d'eau.

En fait, le percement a été complètement effectué, ainsi que l'aération, par le seul emploi des compresseurs d'air système Colladon, et, sans le manque d'eau du côté du sud pendant les cinq derniers mois du percement, la température excessive et les fumées auraient beaucoup moins fatigué les ouvriers qui, presque tous, étaient occupés près des parties les plus profondes du tunnel, où tout autre mode d'aération était impossible.

A côté des considérations énumérées dans ce dernier paragraphe pour expliquer la rapidité d'excavation réalisée au Gothard, on doit ajouter et mettre en première ligne les qualités éminentes, l'intelligence, la longue expérience pratique, l'énergie remarquable et l'infatigable activité de l'homme de génie qui a entrepris à ses risques et périls, organisé et conduit à bien, ce prodigieux ensemble de travaux, ainsi que le zèle dévoué, les connaissances scientifiques ou pratiques des ingénieurs et des chefs d'exploitation ou de travaux, auxquels M. L. Favre avait accordé sa confiance et qui se sont associés d'intelligence et de cœur à son entreprise.

Aujourd'hui que le couronnement de cette œuvre est proche, on peut affirmer hautement qu'elle marquera dans l'art des constructions et dans l'établissement des voies ferrées une époque importante dont le souvenir ne s'effacera pas, ni le nom de cet homme d'élite auquel doit se reporter la plus grande partie des progrès réalisés.

MÉMOIRE

SUR LES

TARIFS ET PRIX DE REVIENT

DES TRANSPORTS

PAR M. LEJEUNE.

La Société des Ingénieurs civils se préoccupe à bon droit des questions qui se rattachent à l'achèvement du réseau national et à son exploitation, ainsi que de l'exclusion systématique de l'industrie privée.

Il est facile de discerner que la plupart des solutions présentées comme répondant aux véritables intérêts du pays, ont pour objectif principal la diminution des tarifs. Il s'ensuivrait que, dans les termes où la question est posée, l'État se trouverait, en ce qui concerne le troisième réseau, dans la nécessité de construire à grands frais des lignes très pauvres pouvant à peine, avec les tarifs moyens actuels, couvrir leurs frais d'exploitation et de réduire en même temps les tarifs applicables sur ces lignes, de telle sorte qu'il faudrait s'attendre à voir les pertes de l'exploitation prendre de plus en plus de gravité.

Quand on repasse tous les arguments que fournissent les discussions ou quand on consulte les statistiques officielles et la plupart des livres spéciaux, on demeure frappé du peu de cas que l'on fait généralement du prix de revient des transports, dont la connaissance est indispensable cependant à toute étude sur la construction aussi bien que sur l'exploitation des chemins de fer, et sans laquelle les Chefs d'exploitation, comme des marins sans boussole, ne peuvent que s'égarer dans la voie des abaissements de tarifs.

Les statistiques des Compagnies, qui donnent le tarif moyen de l'unité de transport kilométrique, négligent en effet le prix de revient de cette même unité, de sorte que l'ignorance où se trouvent les Compagnies et où elles laissent le public à cet égard, peut les conduire

elles-mêmes à des abaissements inconsidérés de tarifs et entretient certainement dans l'opinion des illusions regrettables sur l'abaissement ou plutôt sur l'avilissement des tarifs.

Mon intention est d'apporter à la Société, comme préliminaire de toute discussion, le prix de revient des transports dressé pour l'exercice 1877, année qui, sous tous les rapports, représente un état normal et une époque caractéristique de la situation économique des grands réseaux. Ce prix de revient a été établi par unité de transport kilométrique, et, à cet effet, le voyageur-kilométrique a été considéré comme une unité de même valeur que la tonne-kilométrique. M. Jullien, ancien directeur des Compagnies de Lyon et de l'Ouest, estimait que la dépense était la même pour les deux natures de transport. J'ai admis d'autant plus volontiers cette opinion que j'ai été à même d'en vérifier l'exactitude par des attachements tenus avec soin sur un grand réseau.

Je compléterai ma communication par quelques considérations sur les tarifs, en vue d'apporter des éléments nouveaux à l'examen de cette question.

TARIFS.

Il existe un courant d'opinion assez vif contre les grandes Compagnies qu'on accuse de maintenir des tarifs de transport exagérés.

On ne doit pas perdre de vue que si le Commerce et l'Industrie des différentes régions du pays sont en désaccord sur les tarifs de douane, l'accord le plus complet les unit sur la question d'abaissement des taxes de transport, qui leur permettrait de réduire leur prix de revient sans sacrifices de leur part. On sait d'ailleurs que ces réductions pourraient être appliquées à des combinaisons de tarifs, susceptibles d'étendre le marché des produits nationaux et de favoriser notre exportation tout en refoulant les marchandises d'importation. Ces combinaisons équivaudraient en effet à une protection indirecte dont les frais, conséquence inique, devraient être supportés par la masse des contribuables dont on aggraverait les impôts sans compensation.

Les plaintes des intéressés directs s'expliquent ainsi, mais il importe d'examiner si elles sont fondées en comparant le tarif moyen de France avec le même tarif à l'étranger :

RÉSEAUX COMPARÉS.		ÉTENDUE des RÉSEAUX.	VOYAGEURS.		MARCHANDISES.	
			PARCOURS moyen [1].	TARIF moyen [2].	PARCOURS moyen [1].	TARIF moyen [2].
		k.	k.	fr.	k.	fr.
France.....	Moyenne des grands réseaux.....	17,620	34,8	0,0557	131,0	0,0590
États-Unis.....	Chicago and Northern-Western.....	3,343	55,9	0,0880	260,0	0,0527
Belgique.....	Réseau de l'État.....	2,144	20,4	0,0378	72,3	0,0470
Id.....	Grand Central.....	548	19,4	0,0420	»	»
Allemagne.....	État prussien. Est.....	4,797	37,1	0,0416	85,9	0,0602
Id.....	État de Bavière.....	3,735	34,0	0,0455	143,0	0,0680
Autriche.....	Société autrichienne.....	1,710	56,6	0,0673	134,0	0,0828
Danemark.....	Réseau de l'État.....	811	31,0	0,0420	78,0	0,0900
Id.....	Compagnies.....	346	28,0	0,0490	53,0	0,1150
Italie.....	Chemins de fer romains.....	1,593	88,0	0,0451	133,4	0,0643
Espagne.....	Madrid à Saragosse.....	1,559	124,0	0,0602	336,0	0,0705
Portugal.....	Société royale des chemins portugais.....	506	77,0	0,0650	179,0	0,0977

1. Le tarif moyen n'a de valeur qu'autant qu'il est accompagné du parcours moyen qui lui correspond.
2. Impôts déduits.

Il convient d'écarter de toute appréciation comparative les tarifs moyens de la Belgique où l'État a organisé la ruine de l'exploitation de ses lignes, peut-être en vue de favoriser ses ports, d'y rattacher les grands services maritimes transatlantiques et d'assurer à la Belgique le monopole du transit entre l'Europe centrale et les pays d'outre-mer, en offrant à ce courant de marchandises des tarifs absolument avilis.

On ne trouve pas de statistique qui permette de donner les tarifs moyens anglais, mais si l'on s'en rapporte aux exemples cités par plusieurs auteurs, et notamment par M. Werhmann, directeur du chemin de Berlin à Dresde, on peut affirmer que ces tarifs sont excessifs comparativement aux nôtres.

En ce qui concerne les voyageurs, on remarque que le tarif moyen en France est un peu plus élevé que dans les autres pays, sauf en Autriche, en Espagne et en Portugal. Si à la taxe de 0f,0557 perçue par les Compagnies françaises on ajoute l'impôt sur la grande vitesse, qui représente 18,7 pour 100 de la taxe payée par le public, on arrive à une base de 0f,0685 qui est trop élevée et qui montre l'urgence qu'il y a à réduire cet impôt. Le tarif moyen ne serait plus alors que de 0f06 environ avec 1/10 seulement d'impôt et serait en rapport avec la valeur de l'argent en France et avec le faible parcours des voyageurs.

Quant au tarif moyen de la petite vitesse, il est inférieur à celui de tous les autres pays.

Après avoir constaté quelle était la modicité des tarifs français, après qu'on en a déduit les impôts, il importe de se rendre compte des modifications que les Compagnies ont apportées dans leur tarification depuis la constitution des grands réseaux, c'est-à-dire depuis 20 ans :

TARIF MOYEN DES VOYAGEURS

COMPAGNIES.	Année 1857.		Année 1867.		Année 1877.	
	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.
	kilom.	francs.	kilom.	francs.	kilom.	francs.
Midi.....	»	» [1]	58,2	0,0573	40,7	0,0606
P.-L.-M.....	68,1	0,0583	59,2	0,0537	49,0	0,0531
Nord.....	46,0	0,0651	43,5	0,0597	32,5	0,0562
Orléans.....	79,0	0,0594	61,6	0,0519	48,0	0,0523
Ouest.....	26,6	0,0593	28,0	0,0511	25,7	0,0517
Est.....	54,0	0,0680	35,0	0,0491	27,2	0,0485

1. Une partie du réseau venait à peine d'être livrée à l'exploitation; la comparaison est impossible.

TARIF MOYEN DES MARCHANDISES.

COMPAGNIES.	Année 1857.		Année 1867.		Année 1877.	
	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.
	kilom.	francs.	kilom.	francs.	kilom.	francs.
Midi.....	»	» [1]	157,2	0,0573	89,1	0,0759
P.-L.-M.....	213,3	0,0693	155,1	0,0557	153,2	0,0561
Nord.....	155,0	0,0679	113,2	0,0610	103,0	0,0564
Orléans.....	220,5	0,0748	166,3	0,0614	150,7	0,0621
Ouest.....	140,0	0,0794	143,5	0,0625	137,0	0,0591
Est.....	169,0	0,0720	152,2	0,0565	121,0	0,0581

1. Une partie du réseau venait à peine d'être livrée à l'exploitation; la comparaison est impossible.

On voit, non sans surprise, combien de tout temps les Compagnies ont différé entre elles sur la proportion rationnelle que l'on doit observer entre le tarif moyen et le parcours moyen.

On voit encore que le parcours moyen du voyageur et de la tonne a diminué, comme on devait d'ailleurs s'y attendre, à mesure que l'étendue des réseaux a augmenté. Or il est évident et universellement admis que le tarif kilométrique moyen doit être d'autant plus élevé que le parcours de l'unité de transport est plus faible. Donc, si le prin-

cipe de la tarification et les bases d'application des tarifs n'avaient pas changé depuis 1857, on devrait constater une augmentation progressive du tarif moyen.

Loin de là, le tarif moyen a diminué en même temps que le parcours moyen. Ce résultat suffit pour donner l'assurance que les abaissements de tarifs depuis vingt ans ont dépassé la juste mesure.

Ces abaissements ne peuvent être le résultat de la concurrence avec les voies de transport autres que les chemins de fer. Sous ce rapport toutes les Compagnies ont été dans des conditions à peu près semblables et n'ont eu à ressentir les effets de cette faible concurrence qu'à l'époque où elles ont livré à l'exploitation leurs artères principales parallèles aux voies navigables.

On ne peut les attribuer davantage à l'erreur économique, malheureusement trop répandue en dehors des hommes spéciaux, qui consiste à assimiler les transports des chemins de fer à ceux de la poste et à conclure que les abaissements de taxes doivent multiplier les transports de voyageurs et de marchandises comme ils ont multiplié les lettres, parce que, sans contredit, les grandes Compagnies ne partagent pas cette erreur grossière.

Mon avis est que les réductions opérées par les Compagnies ont une grande importance. Si le public ne s'en est pas aperçu davantage il faut en rechercher les causes dans l'excès des impôts de la grande vitesse et dans la répartition défectueuse des abaissements de tarifs de la petite vitesse. Ces réductions doivent être attribuées aux tarifs de concurrence des Compagnies entre elles à mesure que leurs points de contact se sont multipliés. C'est, en effet, par des tarifs très réduits établis sur des distances à vol d'oiseau que les Compagnies ont cherché à maintenir sur leurs lignes, présentant le plus long itinéraire, les transports que devaient leur enlever les raccourcissements offerts par les lignes nouvelles qui, de leur côté, se trouvaient dès l'origine dans l'impossibilité d'appliquer leurs tarifs généraux afin de disputer le trafic qui leur revenait cependant naturellement.

Si les Compagnies avaient admis entre elles le principe de l'économie du prix de transport par l'itinéraire le plus court, elles eussent maintenu leur tarif moyen dans d'excellentes conditions. De plus, ce tarif moyen eût augmenté à mesure de la diminution du parcours moyen si les Compagnies n'avaient pas assimilé les lignes pauvres des derniers réseaux, qui ne représentent en général que des affluents de peu

d'étendue, à celles de leur ancien réseau en les faisant bénéficier des tarifs à bases kilométriques très réduites, alors que sur ces faibles parcours les transports, soumis depuis longtemps aux taxes élevées du roulage, eussent déjà trouvé un progrès considérable dans l'application du tarif général.

On doit conclure de ce qui précède que la tarification des lignes nouvelles ou pauvres ne devrait pas être la même que celle des lignes à grand trafic et même à trafic moyen; qu'il importe de ne pas les assimiler aux lignes des anciens réseaux en les faisant profiter gratuitement des tarifs à bases kilométriques très réduites, sauf à supprimer entièrement cette nature de tarifs sur les anciens réseaux, pour leur substituer les tarifs spéciaux à *prix fermes* entre deux points dénommés.

En effet, des tarifs moyens relativement élevés appliqués sur des lignes nouvelles de peu d'étendue n'ont jamais entravé la mise en valeur des terres ou des produits naturels délaissés faute de moyens de transports à bon marché, pas plus qu'ils n'ont empêché la création d'industries.

La réduction des tarifs doit être bien plus la conséquence du développement de la richesse que le stimulant de ce développement.

Si l'on considère la réduction considérable du parcours moyen de l'unité de transport et la différence de valeur du métal précieux dans la période de vingt ans que l'on envisage, on pourrait soutenir avec raison que le tarif moyen devrait être plus élevé en 1877 qu'en 1857. Cette opinion se trouve d'ailleurs confirmée par le fait de l'accroissement que l'on constate sur le réseau du Midi et par l'augmentation du tarif moyen, si minime qu'elle soit, que l'on remarque en 1877 sur plusieurs réseaux comparativement à l'année 1867.

Mais si l'on tient compte des nécessités d'une concurrence raisonnable entre les réseaux et avec l'étranger et des exigences du progrès en matière de transport, on doit, tout en abandonnant l'opinion que le tarif moyen devrait être plus élevé qu'en 1857, admettre pour le moins que ce tarif moyen eût dû rester le même, ce qui eût déjà suffi à donner la preuve de grands progrès réalisés depuis vingt ans.

Dans cette hypothèse les excédents de recettes qu'eussent réalisés, en 1877, les Compagnies dont le tarif moyen a diminué, se fussent élevés à 133,580,000 francs.

On peut juger par ces chiffres de la portée des abaissements de tarifs

effectués par les Compagnies et de la portée qu'auraient, au point de vue du Trésor public, de nouvelles réductions opérées dans une forte proportion sous la pression plus intéressée qu'éclairée du courant d'opinion dont il a été parlé plus haut.

Les résultats qui précèdent conduisent à rechercher quelle pourrait être la perte que l'État éprouverait des réductions de taxe que l'on se propose de réaliser et quelle serait, par suite, l'aggravation d'impôts qui serait la conséquence de ces réductions.

Si l'on admet que ces modifications radicales de taxes aboutiraient à réduire le tarif moyen de 1/5 pour le voyageur et de 1/4 pour la tonne, on trouve que, pour un trafic égal à celui de 1877, la perte serait de 167,000,000 francs.

Comme d'autre part l'État sera contraint de supprimer les impôts de grande vitesse créés à la suite des événements de 1870 et sans doute le double décime frappé après la guerre de 1859, c'est-à-dire de 28 à 30 millions, on arrive ainsi à chiffrer à 200 millions environ le déficit dans les recettes des grands réseaux, qu'il y aurait lieu de combler au moyen d'impôts nouveaux.

Mais le point de vue industriel qui consiste à rechercher la rémunération du capital d'établissement par le produit net, n'est peut-être pas celui auquel se placeraient les pouvoirs publics, dans le cas où l'État effectuerait le rachat général des chemins de fer dans le but de procéder à des réductions notables et générales des tarifs de transport. Cet objectif principal primera sans doute toute autre considération, sauf à augmenter de propos délibéré les impôts pour faire face aux insuffisances de produits nets.

C'est un point de vue tout particulier que je n'entends pas discuter, mais au sujet duquel je me bornerai à faire remarquer que la tarification des chemins de fer ferait alors partie d'un régime économique nouveau, et qu'elle devrait concorder logiquement avec les tarifs de douane, notamment en ce qui concerne les courants d'exportation, d'importation et de transit. Il est évident que si, d'une part, l'État consent à augmenter ses pertes sur les recettes de chemins de fer, il ne pourrait en même temps, s'il ne veut épuiser de deux côtés à la fois les ressources du Trésor, réduire à leur dernière expression les tarifs de douane et encore moins les supprimer.

Dans l'exposé qui vient d'être fait je n'ai pas entendu nier le progrès au point de vue des réductions de taxes, mais j'ai voulu protester contre des réductions naïves et sans aucune compensation.

Je crois au contraire que des progrès immédiats sont indispensables et je placerai en première ligne la simplification des tarifs. Ensuite, il conviendrait d'admettre le principe de l'expédition par l'itinéraire le plus court qui devrait être le plus économique pour le commerce, tout en laissant aux transporteurs une taxe rémunératrice.

Des réductions devraient être facilement consenties pour les matières premières de peu de valeur dans le prix de revient desquelles les frais de transport entrent pour une forte part et l'on devrait prélever, au contraire, des taxes élevées pour les marchandises ayant une grande valeur et dans le prix de revient desquelles le transport n'entre que pour une faible part.

Je pense enfin que le public devrait profiter des économies réalisées dans les dépenses de toutes natures.

TARIF MOYEN DE L'UNITÉ KILOMÉTRIQUE.

Le tarif moyen de l'unité de transport kilométrique, dont il y a lieu de retrancher le prix de revient pour faire ressortir le bénéfice net, est indiqué pour chaque Compagnie dans le tableau suivant :

COMPAGNIES. (Placées dans l'ordre du tarif moyen le plus rémunérateur).	UNITÉ DE TRANSPORT.	
	PARCOURS MOYEN.	TARIF MOYEN.
	kilom.	francs.
Midi	58,8	0,0693
Orléans	81,1	0,0581
Paris-Lyon-Méditerranée	94,8	0,0557
Nord	59,7	0,0563
Est	51,8	0,0544
Ouest	41,6	0,0541
Moyennes	66,7	0,0568

PRIX DE REVIENT

Pour déterminer la dépense qui correspond au tarif kilométrique moyen, il convient de s'inspirer de l'exemple de l'industrie, qui recherche exactement la mesure dans laquelle elle peut réduire son prix de vente afin de se réserver le bénéfice net qui lui est nécessaire. Pour que le prix de revient du transport sur les chemins de fer soit exact, il faut y comprendre non seulement les frais d'exploitation, mais encore certaines dépenses d'administration que les Compagnies éliminent à tort de leur statistique, ainsi que les dépenses de renouvellement des voies et l'intérêt des valeurs en approvisionnement.

Pour plus de clarté, il est préférable de ne pas faire entrer dans le prix de revient l'élément si variable et si compliqué de l'annuité qu'exige le capital d'établissement. Une fois le bénéfice net de l'exploitation obtenu, il est d'ailleurs toujours facile de le rapprocher des charges du capital.

Il faut considérer tout d'abord les résultats économiques de chaque Compagnie par kilomètre de train moyen :

COMPAGNIES. (Réseaux réunis.)	TRAIN KILOMÉTRIQUE MOYEN. NOMBRE de véhicules.	TRAIN KILOMÉTRIQUE MOYEN. POIDS brut.	NOMBRE d'unités kilométriques contenues dans le train moyen.	DÉPENSE du kilomètre de train.	DÉPENSE pour chaque unité kilométrique.
	v.	t.	u. k.	f.	f.
Paris-Lyon-M..	25,8	229	113,3	3,036	0,0268
Nord.....	25,7	214	91,6	2,803	0,0306
Orléans.....	20,0	160	81,5	2,820	0,0346
Midi.....	20,2	168	90,5	3,158	0,0349
Ouest.....	16,5	130	71,7	2,690	0,0375
Est.....	21,0	173	81,0	3,232	0,0399
Moyennes...	21,0	181	90,3	2,935	0,0325

La dépense par unité de transport kilométrique se décompose de la manière suivante :

COMPAGNIES.	ADMINISTRATION.	EXPLOITATION.	MATÉRIEL et TRACTION.	ENTRETIEN de la ligne et renouvellement des voies.	INTÉRÊT des valeurs en approvisionnements.	PRIX de REVIENT.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Paris-Lyon-M.	0,0015	0,0095	0,0099	0,0036	0,0003	0,0268
Nord.....	0,0019	0,0106	0,0108	0,0068	0,0005	0,0306
Orléans.....	0,0021	0,0117	0,0099	0,0102	0,0007	0,0346
Midi.....	0,0034	0,0123	0,0105	0,0083	0,0004	0,0349
Ouest.....	0,0026	0,0123	0,0119	0,0104	0,0003	0,0375
Est.....	0,0031	0,0135	0,0128	0,0100	0,0005	0,0399
Moyennes..	0,0022	0,0112	0,0107	0,0080[1]	0,0004	0,0325

1. L'entretien représente 0f,0043 et le renouvellement de la voie 0f,0037.

Ces prix de revient ont une valeur absolue au point de vue économique, mais ils ne peuvent avoir qu'une valeur relative si l'on veut apprécier l'économie apportée par chaque Compagnie dans sa gestion, parce qu'ils ne peuvent donner à première vue une idée de la réduction progressive que l'on doit obtenir dans la dépense par le seul fait de l'importance croissante du trafic. Ils favorisent donc certains réseaux ayant un trafic considérable.

BÉNÉFICE NET

Le tableau qui suit fait ressortir le bénéfice net par unité de transport sur chaque Compagnie et sur l'ensemble des six grands réseaux.

COMPAGNIES.	TARIF MOYEN.	PRIX DE REVIENT.	BÉNÉFICE NET.
	fr.	fr.	fr.
Midi.....	0,0693	0,0349	0,0344
Paris-Lyon-Méditerranée.....	0,0557	0,0268	0,0289
Nord.....	0,0563	0,0306	0,0257
Orléans.....	0,0581	0,0346	0,0235
Ouest.....	0,0541	0,0375	0,0166
Est.....	0,0544	0,0399	0,0145
Moyennes.....	0,0568	0,0325	0,0243

Si l'on tient compte que les tarifs atteignent fréquemment des bases kilométriques inférieures à 0 fr. 025 et que l'on considère la base de 0 fr. 03 comme rémunératrice, on peut juger de l'influence que de semblables tarifs doivent exercer sur le produit net.

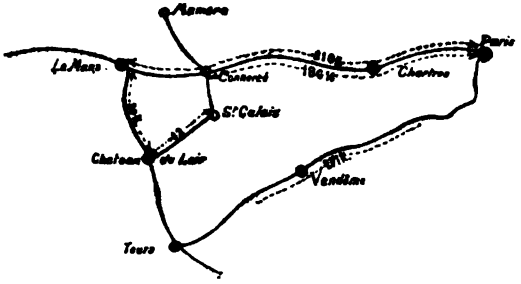
Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le bénéfice net ci-dessus est celui qui est obtenu sur des réseaux dont le produit kilométrique moyen a été de 46,210 fr. On ne peut admettre évidemment que ce bénéfice net soit obtenu également par l'exploitation de lignes pauvres, car il est hors de doute que le prix de revient est d'autant plus élevé que le trafic est plus restreint.

Il est donc indispensable que l'exploitation des réseaux à faible trafic s'effectue non seulement en vue de tirer le plus grand revenu possible des petites quantités qu'ils transporteront, mais encore de réduire les dépenses à la dernière limite.

J'ai émis plus haut l'avis que, pour obtenir le premier de ces résultats désirables, la tarification des lignes pauvres devait différer de celle des lignes à grand trafic, je suis convaincu que si l'on veut, d'autre part, réduire le prix de revient, il faut également que tout diffère dans l'exploitation de ces lignes : la puissance des machines, l'aménagement des gares, la réglementation et l'organisation tout entière, ce qui revient à dire qu'il faut à tout prix, en matière de transports par chemins de fer comme en toutes choses, proportionner rigoureusement l'outillage et la mise en œuvre au travail à effectuer.

EXEMPLES DE LA DIMINUTION DES TARIFS

PAR LA CONCURRENCE ENTRE COMPAGNIES.



1° **GRAINS. — De Château-du-Loir à Paris**
Avant l'ouverture de la section de Château-du-Loir à Saint-Calais.

PAR L'OUEST :

De Château-du-Loir au Mans.	50k à 0f,08 + 0f,95 =	4f,95 .. base.		0f.100
Du Mans à Paris.....	210k prix ferme.....	15.50		0f.074
	260k	20f,45		0f.078

PAR LE RÉSEAU D'ORLÉANS :

Transit par Tours...	271k à 0f,05 min. 15f + 1f,50 =	16f,50	0f.061

2° **GRAINS. — De Saint-Calais à Paris**
Après l'ouverture de la section de Château-du-Loir à Saint-Calais.

PAR L'OUEST :

De St-Calais à Connerré...	32k = 2f,95 + 0f,30 ..	3f,25 .. base.		0f.100
De Connerré à Paris.....	186k à 0f,08 avec minim.	15f,50		0f.083
	218k	18f,75		0f.086

PAR LE RÉSEAU D'ORLÉANS :

De St-Calais à Paris.....	314k prix ferme.....	16f, »	0f.050

Non seulement la Compagnie d'Orléans ne touche aucune taxe sur le nouvel affluent de 43 kilomètres entre Saint-Calais et Château-du-Loir, mais elle *perd encore* **0 fr. 50** sur le prix qu'elle percevait avant la mise en exploitation de cet affluent.

EXEMPLES DE TRANSPORTS SUR UN NOUVEL AFFLUENT
NE PRODUISANT QU'UNE RECETTE INSUFFISANTE.

1er EXEMPLE

TRANSPORT DES GRAINS de Château-du-Loir à Gien

Avant l'ouverture de la section de Château-du-Loir à Saint-Calais.

226k à 0f.06 soit 13f.55 + frais access. de 1f.50 = 15f.05 base... 0f.066

Saint-Calais à Gien

Après l'ouverture de la section de Saint-Calais.

269k à 0f.05 avec min. de 15f » + fr. acc. de 1f,50 = 16f.50 base... 0f.061
Le prix de transp. sur l'affluent de 43k n'est donc que de 1f.45 — 0f.033
En appliquant le tarif général il eût été de..... 5f.05
La perte est donc de..... 3f.60

Dans cette dernière hypothèse, le prix de transport de St-Calais à Gien serait de :

Saint-Calais à Chateau-du-Loir : tarif gén. 5f.05
Chateau-du-Loir à Gien 15f.05
} 20f.10 .. base. 0f.070

Comparaison de la taxe totale d'une tonne de grains entre Saint-Calais et Gien

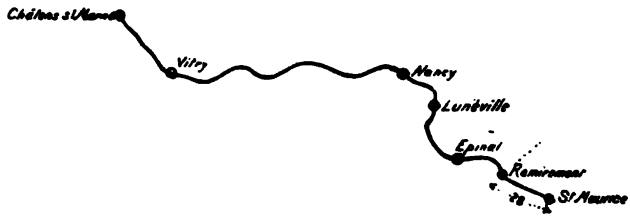
1° Avant l'ouverture de la section de Château-du-Loir à Saint-Calais.

Roulage de Saint-Calais au chemin de fer d'Orléans.....	15f. »
Taxe sur le chemin de fer.....	15f.05
Total.....	30f.05

2° Après l'ouverture de la section de Château-du-Loir à Saint-Calais.

De Saint-Calais à Château-du-Loir.....	1f.45
De Château-du-Loir à Gien.....	15f.05
Total.....	16f.50

2e EXEMPLE



TRANSPORT DES GRAINS de Remiremont à Châlons-sur-Marne

Avant l'ouverture de la section de Remiremont à Saint-Maurice.

282k à 0f.07 avec maxim. de 18f. » + fr. acc. 0f.40 = 18f.40 base : 0f.066

Saint-Maurice à Châlons-sur-Marne

Après l'ouverture de la section de Remiremont à Saint-Maurice.

310k à 0f.06 avec maxim. de 18f.60 + fr. acc. 0f.40 = 19f. » base : 0f.061

Le prix de transport sur l'affluent de 28k n'est donc que de 0f.60 — 0f.020

Si la nouvelle ligne avait eu une tarification propre, la taxe eût été de 28k à 0f.10 = soit 2f.80 + fr. acc. 0f.95 3f.75

La perte est donc de..... 3f.15

Dans cette dernière hypothèse le prix de transport de Saint-Maurice à Chalons-sur-Marne serait de :

Saint-Maurice à Remiremont, comme ci-dessus 3f.75
Remiremont à Chalons-sur-Marne, anc. taxe.. 18f.40
} 22f.15 ... base : 0f.070

Comparaison de la taxe totale d'une tonne de grains entre Saint-Maurice et Châlons-sur-Marne

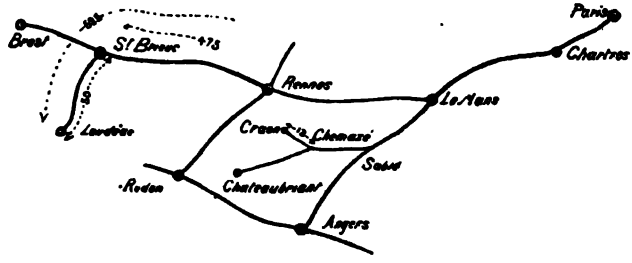
1° Avant l'ouverture de la section de Remiremont à Saint-Maurice.

Roulage de Saint-Maurice au chemin de fer.....	14f. »
Taxe sur le chemin de fer.....	18f.40
Total.....	32f.40

2° Après l'ouverture de la section de Remiremont à Saint-Maurice.

De Saint-Maurice à Remiremont.....	0f.60
De Remiremont à Châlons-sur-Marne.....	18.40
Total.....	19f. »

EXEMPLES DE TRANSPORTS SUR UN NOUVEL AFFLUENT
NE PRODUISANT AUCUNE RECETTE



1er EXEMPLE

TRANSPORT DES GRAINS de Chemazé à Paris

Avant l'ouverture de la section de Chemazé à Craon.

30¼ᵏ à 0ᶠ.05 + fr. acc. 1ᶠ. » avec minimum de 19ᶠ. » ..... base. 0ᶠ.062

Craon à Paris

Après l'ouverture de la section de Chemazé à Craon.

31⅞ᵏ à 0ᶠ.05 + fr. acc. 1ᶠ. » avec minimum de 19ᶠ. » ..... base. 0ᶠ.060

Le prix de transport sur l'affluent est donc NUL.

Comparaison de la taxe totale d'une tonne de grains entre Craon et Paris

1° Avant l'ouverture de la section de Chemazé à Craon.

Roulage de Craon à Laval.....	15ᶠ. »
De Laval à Paris, minimum du tarif spécial.....	19. »
Total.....	34ᶠ. »

2° Après l'ouverture de la section de Chemazé à Craon.

De Craon à Chemazé.....	» . »
De Chemazé à Paris.....	19ᶠ. »
Total.....	19ᶠ. »

La Compagnie n'a donc perçu aucune taxe sur la nouvelle ligne, alors que les grains payaient au roulage un prix de 15 francs par tonne pour gagner la voie ferrée.

2e EXEMPLE

TRANSPORT DES FARINES de Saint-Brieuc à Paris

Avant l'ouverture de la section de Saint-Brieuc à Loudéac.

475k à 0f.05 + fr. acc. 1f. » avec maximum de 22f. » ..... base. 0f.046

Loudéac à Paris

Après l'ouverture de la section de Saint-Brieuc à Loudéac.

525k à 0f.04 + fr. acc. 1f. » avec maximum de 22f. » ..... base. 0f.042

Le prix de transport sur l'affluent est donc NUL.

Comparaison de la taxe totale d'une tonne de farine entre Loudéac et Paris

1° Avant l'ouverture de la section de Saint-Brieuc à Loudéac.

Roulage de Loudéac à St-Brieuc	16f. »
De Saint-Brieuc à Paris	22. »
Total.....	38f. »

2° Après l'ouverture de la section de Saint-Brieuc à Loudéac.

De Loudéac à Saint-Brieuc.....	» . »
De Saint-Brieuc à Paris.....	22f. »
Total.....	22f. »

Ainsi, les farines de Loudéac qui payaient 15 francs par tonne au roulage pour gagner la voie ferrée à Saint-Brieuc, ont effectué ce parcours gratuitement à partir de la mise en exploitation de l'affluent.

EXEMPLES DES DIFFÉRENTES COMBINAISONS DE TARIFS
POUR UN MÊME TRANSPORT.

TRANSPORT DE MINERAI DE FER entre Prades et Bazas (Midi)

1° Taxe appliquée actuellement par une petite Compagnie indépendante reliée au réseau du Midi à Perpignan;

2° Dans l'hypothèse où la ligne de Perpignan à Prades appartiendrait à la Compagnie du Midi;

3° Dans l'hypothèse où la ligne de Prades appartiendrait au troisième réseau que le Midi exploiterait, mais avec une tarification propre, indépendante de celle de l'ancien réseau de cette Compagnie.

MOUVEMENTS	DISTANCES	1° Situation actuelle (Compagnies différentes)		2° Dans l'hypothèse où la petite ligne appartiendrait à la Compagnie du Midi		3° Dans l'hypothèse où la petite ligne ferait partie du second réseau du Midi avec une tarification propre	
		PRIX	BASE kilométrique	PRIX	BASE kilométrique	PRIX	BASE kilométrique
	k	fr	fr	fr	fr	fr	fr
De Prades à Perpignan.	41	4.25[1]	0.010	1.25	0.03	3.65[2]	0.086
De Perpignan à Bazas..	445	13.35[3]	0.030	13.35	0.03	13.35	0.03
De Prades à Bazas...	486	17.60	0.036	14.60	0.03	17.00	0.035

1. Frais accessoires au départ $0^f.75 + 41^k$ à $0^f.08 = 3^f.30 + 0^f.20$ de transmission $= 4^f.25$
2. Frais de gare au départ $0^f.35 + 41^k$ à $0^f.08 = 3^f.30$ ..... $= 3^f.65$
3. Prix ferme ne comprenant que les frais de gare.

La ligne de Perpignan fait une recette kilométrique de..... 16.000f. »
Sur ce produit le transport de 70,000t de minerai entre pour... 7.250f. »
Dans le cas où cette ligne appartiendrait à la Compagnie du Midi, le tarif de 0f.03 qui serait appliqué suivant les usages actuels ferait tomber la recette kilométrique à ..... 10.900f. »
La perte totale serait de 211,000 francs.

Dans le cas où la ligne de Perpignan à Prades ferait partie du second réseau du Midi avec la possibilité d'y appliquer une tarification propre, la recette kilométrique attribuable au minerai serait encore de..... 6.060f. »
Et la perte sur la taxe actuelle ne serait plus que de..... 48.000f. »

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS DE MARS 1880

Séance du 5 mars 1880

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 février est adopté sous réserve d'une légère modification signalée par M. Ivan Flachat.

M. LE PRÉSIDENT appelle l'attention de ses Collègues sur la nécessité de bien revoir les minutes de procès-verbaux qui leur sont adressées, de façon à éviter les rectifications et les retards qui pourraient s'ensuivre. A ce sujet il leur recommande de lire l'avis placé à la fin du présent procès-verbal.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Kremer, accompagnant l'envoi d'un certain nombre de vues photographiques d'un grand pont jeté sur le Missouri, à 6 milles de Saint-Louis, près de la petite ville de Saint-Charles, pour le passage du chemin de fer du Pacifique, et livré à la circulation depuis six ans. M. Kremer a été informé, il y a quelque temps, qu'une travée de ce pont venait de se rompre sous la charge d'un train de bestiaux.

En attendant plus de détails, M. Kremer donne quelques-unes des conditions d'établissement de ce grand ouvrage. Sa longueur totale est de 1994 mètres, divisée comme suit :

1° La partie navigable du Missouri est franchie par un pont à trois travées tubulaires en treillis ; chaque travée a une longueur de 98 mètres. Les piles ont une hauteur de 27^{m},40 depuis le niveau de l'eau jusqu'au point d'appui des poutres ; cette hauteur est jugée suffisante pour la navigation.

2° Les abords submersibles du Missouri sont franchis par quatre travées ayant chacune une longueur de 93^{m},30. Ces travées sont formées de poutres armées en dessous.

3° Les viaducs des abords sont formés de poutres armées d'une faible longueur et soutenues par une charpente en fer reposant sur des dés en maçonnerie.

M. Kremer communiquera à la Société des renseignements plus précis sur cet accident, dès qu'ils lui seront parvenus.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. Colladon une dépêche annonçant l'heureuse rencontre des deux galeries d'avancement du tunnel du Saint-Gothard. M. le Président, tout en remerciant M. Colladon au nom de la Société, le priera de vouloir bien ajouter au texte un peu laconique de sa dépêche quelques compléments d'explication sur l'achèvement de ce grand travail.

M. COTARD donne quelques renseignements au sujet du chemin de fer qui va être construit à travers l'isthme de Téhuantépec; il a déjà eu occasion d'entretenir la Société de ce projet et de montrer les grands services que cette nouvelle voie était appelée à rendre.

Lors des premières études entreprises en vue de la création de communications interocéaniques, l'établissement d'une voie ferrée à Panama avait été considéré comme la seule solution qui pût, au moins pour un temps assez long, être pratiquement poursuivie, et aussi comme une entreprise qui devait être fructueuse. Les faits sont venus confirmer ces prévisions.

Il paraît vraisemblable qu'un chemin de fer à travers l'isthme de Téhuantépec, dont la situation géographique est beaucoup plus favorable, pourra donner, pour un nouveau laps de temps, une suffisante satisfaction aux besoins du commerce interocéanique.

M. COTARD a appris par M. Francisco de Garay, un de nos Collègues, directeur général des travaux de la vallée de Mexico, que ce chemin de fer de Téhuantépec n'est plus à l'état de projet, mais que les travaux en sont commencés.

Ce chemin de fer a été concédé par le gouvernement mexicain à M. Edward Learned, de Pittsfield, qui s'est engagé à le construire dans un délai de trois ans, et à en livrer chaque année une fraction d'au moins 63 kilomètres.

La ligne part de l'embouchure du Goatzacoalcos et aboutit, du côté du Pacifique, à la lagune supérieure, où un port sera créé. On sait que l'isthme de Téhuantépec présente fort peu de difficultés de terrain; l'établissement de cette voie ferrée ne semble donc pas devoir subir de retard.

Cette route, qui offrira pour le commerce des États-Unis une économie considérable de parcours sur celle de Panama, ne peut manquer de donner passage à un trafic important. M. de Garay, qui s'est fait le zélé et habile défenseur de cette route de Téhuantépec, aura eu le très grand mérite d'indiquer, parmi tous les tracés proposés, celui qui devait donner lieu à la plus prompte création d'une voie nouvelle de communication interocéanique.

Dans trois années ce chemin de fer peut être exécuté, et ouvrir ainsi au commerce des deux mers une route dont la situation géographique sera des plus favorables, et qui présentera sur toutes les solutions proposées de

canaux maritimes le grand avantage de n'avoir à rémunérer qu'un capital infiniment moindre.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cotard pour les détails intéressants qu'il vient de donner sur ce nouveau projet de communication interocéanique, ainsi que pour le soin qu'il prend de tenir la Société au courant de ces questions.

M. LOVE, ancien Président de la Société, donne lecture d'un Mémoire intitulé : *Étude sur les moyens d'adapter, au mieux des intérêts généraux, les nouveaux travaux publics projetés aux anciens, et sur les conditions, les circonstances et l'ordre dans lesquels ils doivent être exécutés.* Par un historique rapide des circonstances dans lesquelles les chemins de fer ont été exécutés, il montre que dès l'origine on a prévu que, par leur établissement successif, les anciennes routes royales perdant leur importance, seraient déclassées et attribuées aux départements; et que ceux-ci trouveraient tôt ou tard que de simples agents voyers suffiraient à la besogne plus que modeste de leur entretien. D'où la conclusion que le corps privilégié des ponts et chaussées courait le risque d'être licencié, si l'on ne trouvait pas un emploi définitif et perpétuel plus digne de la haute instruction de ses ingénieurs. C'est pour atteindre ce but que M. Legrand, directeur général des ponts et chaussées, proposa, en 1838, de leur réserver exclusivement la construction et l'exploitation des chemins de fer. Cette idée, tantôt repoussée, tantôt accueillie et recevant un commencement de réalisation par la loi de juin 1842, puis rejetée de nouveau sous l'empire, n'a jamais cessé d'être traditionnelle dans le corps. C'est à elle, au fond, et à nulle autre qu'on a dû la formation des *grands réseaux rayonnants*, que par leur direction on représentait, comme étant avant tout des instruments administratifs et politiques, qui pour cette raison devaient, d'après M. Legrand, rester aux mains de l'État; et que l'on doit la nouvelle tentative de l'administration des travaux publics de ressaisir la construction et l'exploitation des chemins de fer.

Aussi ces réseaux ont-ils été comblés de subventions et de garanties et peuplés d'ingénieurs des ponts et chaussées. Ils ont aussi invariablement trouvé l'appui de l'administration pour écraser toutes les autres lignes ou réseaux que celle-ci avait été forcée de concéder à de nouvelles Compagnies. Ainsi, dès le premier moment, par le fait de l'existence d'un corps privilégié d'Ingénieurs, une grande question d'intérêt général s'est trouvée abaissée par l'intervention administrative, au niveau de l'intérêt particulier d'un groupe d'individus. Ce qui, du reste, est un fait inhérent à tout corps privilégié. On en trouve en France d'autres exemples, résidus des régimes monarchiques, fortement centralisés, parmi lesquels on peut citer l'ancien état-major de l'armée.

Il est résulté de là que l'ancien réseau de routes qui se composait de *routes royales rayonnantes* allant de Paris aux chefs-lieux des départements, *et de routes royales régionales* traversant le pays dans les

deux sens *n'a jamais été reconstitué*, au grand détriment des régions délaissées. On n'a exécuté, à proprement parler, que des lignes rayonnantes, puisqu'il n'existe encore, à l'heure présente, qu'une seule grande ligne régionale Est-Ouest, *la ligne de Bordeaux à Cette*. Et encore n'est-elle pas complète, car il faudrait, pour cela, qu'elle fût au moins prolongée jusqu'à Marseille ; ce à quoi la puissante Compagnie de Lyon s'est toujours opposée.

Il est à remarquer que c'est dans les deux tiers au moins de la surface du pays où règnent les deux grandes Compagnies d'Orléans et de Lyon, *que les grandes lignes régionales transversales font le plus défaut*. Il en faudrait au moins six *dans l'intérêt général tant commercial que stratégique* entre la latitude de Paris et le réseau régional du Midi. Elles devraient être formées de tronçons existants appartenant aux deux Compagnies, complétés pour en faire des lignes continues sans rebroussement et débarrassées des gares communes qui ont été, entre les mains de l'Administration et des grandes Compagnies, l'instrument le plus actif de la ruine des petites. Il faudrait enfin, que ces grandes lignes nouvelles auxquelles se rattacheraient facilement tous les petits embranchements nécessaires aux intérêts locaux, constituassent *des réseaux indépendants concédés à de nouvelles Compagnies*, dans des conditions telles qu'ils ne pussent être entravés dans leur exploitation par de trop puissants voisins.

Or, d'après l'exemple de ce qui s'est passé, on ne peut s'attendre à ce que de tels voisins se prêtent à l'exécution des lignes nouvelles, puisqu'elles ne peuvent être faites qu'à leurs dépens, au moyen de tronçons leur appartenant. On ne peut espérer davantage qu'elles renoncent à leur habitude invétérée de les mettre à mal ; ce qui paraît être une loi d'existence de tout grand organisme à côté d'autres plus faibles. Il faudra donc les diminuer non seulement de ce qui sera nécessaire à la formation des lignes régionales transversales, mais aussi d'un certain nombre de lignes rayonnantes, au moyen desquelles elles troubleraient trop facilement les rapports qui devront s'établir aux points de rencontre entre les *deux systèmes rayonnants et régionaux*.

Cela posé, voici, d'après M. Love, l'organisation nouvelle qu'il faudrait donner aux chemins de fer dans la grande étendue de pays considérée, et que plus tard on étendrait aux autres grands réseaux si l'intérêt général le réclamait[1].

En premier lieu, on établirait *cinq grandes lignes rayonnantes indépendantes*, au lieu de deux groupes appartenant aux seules Compagnies d'Orléans et de Lyon. Ces lignes seraient les suivantes :

1° *Ligne de Paris à Bordeaux* poussée jusqu'à Bayonne partant, à Paris, de la gare de la ligne de Sceaux transformée et passant par Vendôme, Tours et pour le reste par les villes actuellement desservies.

1. Cette combinaison a été proposée pour la première fois en 1872, par M. Love, dans un Mémoire adressé à la Commission parlementaire des chemins de fer et dont il existe un exemplaire à la Société des Ingénieurs civils.

Cette ligne pourrait être laissée à la Compagnie actuelle d'Orléans.

2° *Ligne de Paris à Agen, Tarbes et Pierrefitte*, par Orléans, Vierzon, Châteauroux, Limoges, Périgueux.

3° *Ligne de Paris à Toulouse et Foix*, par Corbeil, Malesherbes, Bourges, Montluçon, Figeac, Gaillard.

4° *Première ligne de Paris à Marseille*, par Melun, Montargis, Gien, Cosne, Nevers, Moulins, Gannat, Clermont, Brioude, Alais, Nîmes, Aigues-Mortes.

5° *Deuxième ligne de Paris à Marseille*, par Sens, Joigny, Dijon, Mâcon, Lyon et les autres localités actuellement desservies par la Cie de Lyon.

Cette ligne pourrait être attribuée à cette Compagnie.

En second lieu, les lignes transversales seraient :

1° *La ligne de Granville à Épinal, Saint-Dié*, par Vire, Flers, Argentan, Mortagne, Condé, Brou, Châteaudun, Orléans, Montargis, Sens, Troyes, Bar-sur-Aube, Chantraines, Aulnois, Mirecourt.

2° *La ligne de Nantes à Belfort* par Ancenis, Angers, Tours, Romorantin, Vierzon, Cosne, Clamecy, Avallon, les Baumes, Chalindrey, Vesoul et Luxeuil.

3° *La ligne des Sables d'Olonne à Belfort et Chalindrey* par la Roche-sur-Yon, Bressuire, Loudun, Châtellerault, Saint-Amand, Nevers, Autun, Épinal, Pont d'Ouche, Dijon, Vesoul.

4° *La ligne de Rochefort à Montbéliard* par Saintes, Angoulême, Limoges, Busseau d'Ahun, Montluçon, Moulins, Digoin, Montceau les Mines, Montchanin, Chagny, Dôle, Besançon.

5° *La ligne de Blaye à Montbéliard et Belfort* par Coutras, Périgueux, Brive, Tulle, Clermont-Ferrand, Thiers, Roanne, Bourg, Lons le Saulnier, Besançon.

6° *La ligne de Bordeaux à Besançon* par Libourne, Bergerac, Le Buisson, Sarlat, Aurillac, Brioude, Saint-Étienne, Lyon, Bourg, Lons le Saulnier, Mouchard.

Ces lignes, *en raison de leur utilité commerciale* par les villes qu'elles relient et les rapports qu'elles établiront avec l'Allemagne quand tout motif d'une guerre européenne aura disparu, et de *leur utilité au point de vue stratégique*, sont celles qu'il est le plus urgent d'établir. La réorganisation des grands réseaux rayonnants devra suivre de près cette première phase des travaux publics. Elle sera suivie naturellement de l'établissement graduel des lignes de troisième ordre qui, se rattachant ainsi à des réseaux de grand parcours en grand nombre, acquerront une utilité et une activité qu'elles ne pourraient jamais atteindre autrement.

Tel est, en ce qui concerne les chemins de fer, l'ordre dans lequel il devrait être procédé à leur exécution et à leur réorganisation pour donner la plus grande satisfaction possible aux intérêts généraux. Il ménage les grandes Compagnies dans la mesure qui convient à ces grands intérêts, et, ainsi que cela devait être, ne tient nul compte des aspirations rétrogrades

du corps privilégié des ponts et chaussées. Il peut au contraire nous permettre d'espérer que nous serons définitivement débarrassés des prétentions soulevées périodiquement par une institution monarchique qui a fait son temps, ainsi que l'ancien état-major de notre armée.

M. Love exprime l'avis que ce grand résultat peut être atteint sans que l'État ait besoin d'intervenir autrement que pour arrêter les nouveaux réseaux et les mettre en adjudication. Il est persuadé, en effet, que vu l'abondance des capitaux, la manière dont l'initiative et le goût des grandes entreprises se sont développés dans le pays, la meilleure répartition du trafic entre les nouveaux réseaux due à la nouvelle organisation et la confiance qu'elle inspirerait, il pourrait être procédé à cette adjudication dans des conditions telles que les anciennes Compagnies, seraient payées par les nouvelles et que l'État rentrerait non seulement dans ses avances, mais qu'il pourrait se dispenser de venir à leur secours par des subventions et des garanties d'intérêt.

M. Love n'est pas partisan de la revision des tarifs comme elle est généralement entendue, parce qu'il y voit beaucoup d'inconnu et un grand danger pour les finances de l'État. Il croit que le remaniement des réseaux offre un moyen pratique de résoudre la question sans courir le moindre risque. Ce moyen consisterait à faire la concession des nouveaux réseaux sous la réserve : que lorsque le revenu des actions dépasserait 6 ou 6 1/2 pour 100 par exemple, le surplus appartiendrait à l'État dans la proportion des *deux tiers*. Cette part abandonnée par lui, donnerait la mesure des abaissements de tarifs possibles dans l'hypothèse la plus défavorable, celle où cet abaissement n'augmenterait pas le tonnage transporté.

En ce qui concerne les ports de mer, M. Love fait remarquer que les ports côtiers ont le double inconvénient d'augmenter les parcours en chemin de fer, qui coûtent cher, surtout en l'absence de canaux à sections et écluses uniformes les reliant à nos établissements de l'Est; et d'être exposés, par le temps de guerre qui sévit sur notre vieille Europe, à être rapidement détruits par une flotte ennemie. Tout concourt donc à ramener les idées vers les ports intérieurs. Il semble que ce soit la tendance du nouveau Ministre des travaux publics, qui a dernièrement accueilli favorablement le projet d'un canal maritime de Nantes à la mer et qui s'est rallié à l'intelligente initiative des députés de la Commission des canaux, qui ont proposé de substituer au canal du Havre à Tancarville, destiné dans l'origine à la batellerie, un véritable canal maritime à grande section et tirant d'eau de 7 mètres avec une entrée spéciale sur la mer.

M. Love suggère, dans cet ordre d'idées, l'exécution d'un port intérieur à Saint-Laurent de la Prée sur la Charente, fleuve sans barre, à quelques kilomètres de Rochefort; et d'un autre près d'Amiens qui serait relié à la mer au Hâble d'Ault par un canal maritime de 67 kilomètres de longueur d'une exécution facile et peu coûteuse; la plus grande longueur devant être ouverte dans un terrain tourbeux pouvant être enlevé par la grande drague de l'isthme de Suez.

Ce canal et son port, complétés par des voies ferrées dont les éléments existent, pourraient faire arriver les marchandises de transit au Gothard, dans des conditions au moins égales à celles du port d'Anvers; et au Simplon dans des conditions infiniment supérieures. Ainsi seraient conjurés les effets de la concurrence que le grand port belge fait à nos ports de la Manche et ceux plus dangereux encore qui résulteront des améliorations considérables que l'on s'occupe activement d'y apporter.

M. le Président remercie M. Love pour les développements importants qu'il a présentés sur la question des travaux publics.

M. le Président informe la Société qu'à la suite de l'avis inséré à la fin du procès-verbal du 23 janvier, un grand nombre de membres se sont réunis le 13 février pour entendre la lecture d'une communication sur la question des Chemins de fer. Cette communication, mise en discussion le jour même et remaniée depuis lors, nous a été déposée sous la forme d'une communication collective d'un groupe de membres de la Société; c'est ce travail dont il va être donné lecture, sauf à en renvoyer la discussion à une autre séance.

M. le Secrétaire donne lecture de cette communication.

L'État est convié, depuis quelque temps, à s'emparer, d'une manière absolue, de l'industrie des chemins de fer, et il semble céder peu à peu aux sollicitations qui l'assiègent.

Pour l'exploitation, ses dispositions se sont manifestées par la création récente d'un réseau de chemins de fer, dont il a pris la direction complète, et par des projets de rachat des Compagnies existantes.

Pour la construction, il a annoncé hautement son intention de confier directement à ses ingénieurs l'exécution de toutes les nouvelles lignes projetées.

Ainsi tout un nouveau système tend à se substituer, en France, au régime actuel de nos chemins de fer.

Il nous a paru que la Société des Ingénieurs civils ne pouvait assister avec indifférence à de pareilles innovations. Un grand nombre de ses membres ont consacré leur carrière à la construction et à l'exploitation des chemins de fer; elle compte parmi ces derniers, avec un légitime orgueil, bien des Ingénieurs illustres qui ont pris la part la plus considérable à l'établissement et au développement de notre réseau de voies ferrées; il suffit, pour ne citer que ceux qui ne sont plus, de rappeler les noms de Eugène Flachat, de Perdonnet, de Petiet, de Polonceau, de Séguin, de Vuigner, etc., qui sont à juste titre devenus populaires. Peut-elle accepter sans protester un système qui, s'il avait

prévalu dès l'origine, aurait privé le pays du concours de tant d'hommes éminents? Nous ne l'avons pas pensé et nous venons vous exposer les vues d'un grand nombre de nos collègues; elles seront partagées, nous n'en doutons pas, par tous les esprits libéraux, qui cherchent la grandeur de notre pays dans le développement de l'initiative privée et de l'esprit d'association, et considèrent comme un mal l'intervention excessive de l'État dans le domaine de l'industrie, aussi bien que l'extension du fonctionnarisme qui en est la conséquence.

Notre communication se divise en deux parties : l'une relative à l'exploitation; l'autre à la construction des voies ferrées.

DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER.

Exploitation des chemins de fer par l'État. — Le Ministre avait déclaré, en 1878, qu'il ne désirait pas exploiter les lignes rachetées; cependant un réseau d'État a été créé. Pour couvrir cette situation anormale, on a revêtu l'exploitation nouvelle de l'aspect général auquel le pays est habitué, un Conseil d'administration a été institué. Mais personne ne s'y est trompé. Ce prétendu Conseil n'est qu'un Comité consultatif, et, tandis qu'un vrai Conseil d'administration représente les actionnaires, c'est-à-dire les propriétaires qui lui ont donné toute autorité pour administrer leur bien commun, le Conseil d'administration nommé par le Ministre ne peut ni sérieusement résister à celui dont il tient ses pouvoirs, ni prendre l'initiative d'aucun acte d'administration entraînant des dépenses qu'il n'a aucune qualité pour engager.

Cependant, cette exploitation annoncée comme essentiellement provisoire, se prolonge, s'élargit : il devient utile de présenter, une fois encore, contre cette tendance, des arguments qu'on avait pu croire définitivement acceptés. Ils arrivent en foule à l'esprit.

L'État ne saurait défendre les tarifs contre les réclamations incessantes dont il sera assailli, le jour où il exploiterait les chemins; le commerce, l'industrie et les particuliers seraient désarmés contre les dommages que pourra leur causer cette exploitation; les populations

arriveraient à imputer au Gouvernement la responsabilité de toutes les imperfections du service ; la politique interviendrait forcément dans le recrutement et l'avancement d'un personnel d'environ 200,000 employés, au grand dommage de la sécurité des voyageurs, et de l'exactitude du transport des marchandises ; il faudrait des lois nouvelles à tout propos, à moins que le Parlement ne consentît à donner carte blanche au Ministre dirigeant les chemins de fer, c'est-à-dire à livrer des opérations commerciales qui se chiffrent en somme ronde à 850 millions par an, à un seul homme, ou, ce qui serait pire encore, à l'administration des bureaux.

Une perturbation, dont il est impossible de prévoir toutes les conséquences, serait apportée dans la situation économique et industrielle du pays, par ce fait que l'État, seul propriétaire de tous les chemins de fer français, deviendrait par suite le seul acheteur possible de toutes les industries qui subviennent à leurs besoins. Fabriques de rails, fabriques de locomotives, fabriques de wagons, fournisseurs de traverses, de combustibles, etc., etc., dont les mille produits, consommés par les chemins de fer, atteignent une valeur de plusieurs centaines de millions par an, n'auraient plus qu'un seul acheteur, l'État; celui-ci serait maître du marché, maître de fixer les prix au gré de son caprice, maître de ruiner l'un, d'enrichir l'autre, puisqu'aucun autre acheteur n'existerait plus, et que le produit refusé par l'État ne pourrait, en raison de son prix de revient, concurrencer à l'étranger les produits similaires. Ce serait quelque chose comme l'exploitation coloniale appliquée pendant plusieurs siècles par la Hollande à Java, où l'État était le seul acheteur de tous les produits du sol, café, épices, etc..., et le seul exportateur de la colonie.

En compensation de ces difficultés de tous ordres, le pays obtiendrait-il au moins un abaissement des tarifs de transport? Ce serait une illusion de l'attendre d'une réduction des dépenses d'exploitation, car il est avéré que l'État est le plus mauvais des administrateurs au point de vue industriel.

Si la réduction du coût des transports à grande et à petite vitesse est bien réellement l'objectif des partisans du rachat et de l'exploitation par l'État, il n'est pas nécessaire, pour obtenir ce résultat, de racheter les chemins de fer et de charger l'État d'un service d'exploitation auquel il n'est pas apte.

Il peut dégrever directement le coût des transports par voie ferrée en

supprimant les taxes que les Compagnies perçoivent pour lui, et en première ligne, l'impôt sur les voyageurs et les transports à grande vitesse, impôt qui a produit plus de 78 millions en 1878; ce serait un dégrèvement de 23 pour 100 sur le prix des billets des voyageurs et sur le tarif des transports à grande vitesse.

Si cela ne suffit pas, il peut supprimer le timbre des récépissés et lettres de voiture, qui a produit 29 millions environ.

Ce serait une réduction de 99 millions dont voyageurs, industriels et commerçants jouiraient immédiatement. L'État retire annuellement des chemins de fer, tant en impôts perçus qu'en économies réalisées sur les transports de ses propres services, des avantages qui se chiffrent par 230 millions. S'il est vrai qu'il paye d'autre part à titre de garantie d'intérêt 30 ou 40 millions par an, les profits nets qu'il réalise s'élèvent encore à 190 ou 200 millions par an. L'État peut donc en réduisant ses profits obtenir toutes les réductions désirables de tarifs, dans la mesure qu'il jugera convenable, sans apporter aucun trouble dans le régime des chemins de fer.

Lorsque l'on établit en principe que l'État exploiterait mal et chèrement, on ne veut pas dire que son personnel soit moins instruit, moins intelligent, moins capable que celui des Compagnies; mais seulement que l'industrie en général, et celle des chemins de fer comme toutes les autres, n'est pas compatible avec l'organisation administrative à laquelle l'État ne peut se soustraire.

D'ailleurs avec l'exploitation par l'État, le public serait certainement privé tôt ou tard, d'un droit auquel on ne renonce pas facilement, celui de réclamer contre tout fait qui cause un dommage. Actuellement les tribunaux de droit commun sont compétents pour statuer sur tous les différends qui s'élèvent entre le public et les Compagnies. Mais lorsque l'Administration supérieure se trouverait saisie de 8000 affaires contentieuses (c'est le chiffre annuel approximatif pour les Compagnies existantes), elle ne résisterait pas à la tentation de réclamer l'immunité accordée à toutes les administrations de l'État ; les précédents ne manqueraient pas pour justifier sa prétention. Pour les Postes, comme pour les Télégraphes, l'État n'est soumis à aucune responsabilité; dans ces deux administrations il gère pour le mieux et dans l'intérêt général un service public, mais il n'est pas entrepreneur et n'admet pas l'existence d'un contrat de fait entre lui et chacun des citoyens qui se servent de la poste ou du télégraphe; sa responsabilité ne peut

être mise en cause que dans les cas prévus par les lois spéciales. L'assimilation des chemins de fer à la poste et aux télégraphes serait bien naturelle, et le Parlement finirait par voter une loi qui, dans l'intérêt supérieur de l'État, taxerait par exemple à 50 francs le prix d'une malle perdue et stipulerait dans le même esprit pour tout le reste.

L'État exploiterait plus chèrement que les Compagnies, par conséquent à perte, puisque le prix de rachat devrait représenter au minimum le bénéfice actuel des Compagnies; il ne pourrait combler le déficit que par la voie de l'impôt. Toute réduction des tarifs aurait pour conséquence un nouveau déficit à la charge du budget.

Quant au contrôle, dont l'efficacité est déjà contestée alors que l'État l'exerce à l'égard des Compagnies, il deviendrait tout à fait illusoire lorsque l'État l'exercerait sur lui-même, puisque le contrôleur et le contrôlé appartiendraient au même corps et auraient le même chef; le plus court serait de le supprimer.

Au reste, pour citer quelques exemples pris à l'étranger, l'Autriche, et la Russie, qui possédaient des chemins de fer d'État les ont aliénés, par voie de concession le plus souvent, parce qu'ils ont reconnu que l'État n'est pas apte à exploiter une industrie quelconque, et qu'il est plus profitable aux intérêts dont il est tuteur et gardien, de réaliser la valeur des chemins de fer pour appliquer le produit de cette réalisation aux dépenses qui sont fatalement de son ressort.

Tout au plus pourrait-on citer, à l'encontre de cette règle, l'exemple de la Belgique, qui est placée dans des conditions particulières et où l'État exploite un réseau de peu d'importance dans des conditions qui sont chaque jour l'objet des critiques les plus vives et dont M. Le Hardy de Beaulieu, rapporteur de la Commission du budget, vient de se faire l'interprète autorisé auprès de la Chambre des députés belges; mais il ne semble pas qu'il y ait d'autres exceptions persistantes, si ce n'est celles qu'ont amenées des considérations politiques qui ne sont nullement applicables à la France.

Est-ce à dire que l'exploitation par les Compagnies soit parfaite? Non, sans doute, et les plaintes des populations sont sur bien des points fondées; mais aujourd'hui du moins les moyens de recours ne manquent pas : il y a, d'abord, un tiers tout-puissant, l'État, qui peut intervenir pour les faits administratifs, puis les tribunaux qui peuvent ordonner la réparation de tous les préjudices justifiés.

Exploitation par des Compagnies fermières. — Si, comme on vient de le voir, l'État ne doit pas exploiter lui-même, doit-il exproprier les Compagnies existantes pour faire exploiter les chemins de fer rachetés par des Compagnies fermières ?

Cette solution ne semble pas acceptable, au moins comme système général; le rachat ne pourrait avoir pour but avouable que d'assurer, avec une meilleure exploitation, des tarifs plus réduits sans nouvel accroissement des charges publiques; ou tout au moins de réserver à l'État la faculté de modifier les tarifs, dans le sens qu'il croirait le plus favorable aux intérêts généraux du pays; or, l'exploitation par des Compagnies fermières n'assure rien de tout cela.

Pour arriver à l'exploitation par des Compagnies fermières, l'État devrait commencer par racheter toutes les lignes; c'est une opération préalable sur les difficultés de laquelle il n'est pas besoin d'insister[1]. Elle amènerait un trouble profond dans les habitudes des populations et déconsidérerait le principe de l'association des capitaux.

Le rachat une fois opéré, néanmoins, et tous les chemins de fer français réunis dans les mains de l'État, comment serait réglé le fractionnement du réseau total à répartir entre diverses Compagnies fermières? Si l'État rachète la ligne de Paris-Lyon-Méditerranée, par

1. Sans entrer dans le détail il est bon de faire remarquer :

Que la clause de rachat, très nette dans les cahiers des charges originaires, a été singulièrement modifiée par les conventions relatives à la construction du deuxième réseau, à la garantie de l'État, au remboursement des avances faites aux Compagnies, etc.

Que, pour les Compagnies qui n'ont pas fait appel à la garantie de l'État, celui-ci sera tenu de payer comme indemnité de rachat, une annuité égale au produit net actuel (avec les détails stipulés au cahier des charges de concession), c'est-à-dire à la différence entre les recettes et les dépenses, et qu'il aura de plus, à leur acheter le matériel roulant et tous les accessoires de l'exploitation, à prix d'expertise. Or, quand l'État exploitera, soit par lui-même, soit par des Compagnies fermières, il aura à faire face aux mêmes dépenses que les Compagnies, et il aura de plus à payer l'intérêt et l'amortissement du matériel racheté. De ce seul chef sa situation sera plus onéreuse que celle des Compagnies existantes.

Que, pour les Compagnies qui ont profité de la garantie, la situation de l'État ne sera pas beaucoup meilleure, parce qu'il est très contestable que le matériel roulant des Compagnies soit le gage contractuel des avances faites par l'État à titre de garantie, *à une période quelconque de la concession.*

Cette considération nécessite en tous cas une sérieuse attention, car le matériel à racheter représente une valeur très considérable, peut-être près de un milliard, exigeant un intérêt annuel de 50 millions.

exemple, ce n'est pas évidemment pour la donner telle quelle à exploiter à une Compagnie fermière, car il n'y aurait alors qu'une substitution de personnes. Les systèmes ne manqueront pas sans doute ; on pourra fractionner par bassins, par régions administratives, par régions commerciales et industrielles, par partage des distances ; mais quel que soit le système adopté, il n'y aura pas simplification. Au point de vue des délais, la transmission d'une Compagnie à une autre sera toujours une perte de temps, et les délais obligatoires de transport devront en tenir compte.

Il est nécessaire d'ailleurs de bien expliquer ce qu'on entend par des Compagnies fermières.

Si l'État veut avoir des fermiers sérieux, capables d'entretenir le fonds et d'améliorer l'exploitation, capables de faire ce que lui, État, ne peut pas faire, c'est-à-dire d'exercer l'industrie des transports, il doit consentir des fermages à long bail, exiger comme garantie des capitaux assez considérables, donner une grande liberté d'action à son fermier, et, pour le stimuler, lui assurer un bénéfice en échange de toutes les améliorations qu'il introduira. Mais, bien évidemment, cette situation est incompatible avec le droit qu'on prétend réserver à l'État, de remanier les tarifs, et, les Compagnies fermières, ainsi constituées, ressembleraient beaucoup aux Compagnies actuelles.

Si l'État veut garder le maniement des tarifs, s'il ne veut conclure avec ses fermiers que des baux à court terme, il restera le véritable entrepreneur des chemins de fer et l'exploitation se fera, en réalité, à ses risques et périls. C'est alors que l'on pourrait parler vraiment d'une régie désintéressée des chemins de fer français. Le fermier ne sera qu'un régisseur sans responsabilité, sans intérêt dans le résultat et dont l'intervention ne servira qu'à compliquer la comptabilité.

Plusieurs combinaisons de fermage peuvent être essayées : fermage au kilomètre-train, assurant à l'exploitant un prix fixe par kilomètre de parcours de train, que le train soit d'ailleurs vide ou chargé ; fermage au barème, assurant à l'exploitant un tant pour cent des recettes brutes, lequel tant pour cent diminuera à mesure que la recette brute augmentera ; entreprise sur série de prix dans laquelle on allouera, à chaque partie du service, un prix fixé d'avance.

Mais tous ces systèmes, qui tendent à la fois à ne pas laisser faire l'exploitation par l'État et à limiter les risques de son fermier, ont un défaut commun. Ils donnent l'apparence, mais l'apparence seulement,

d'une exploitation industrielle, alors qu'il n'y a, en réalité, qu'une exploitation indirecte pour le compte de l'État. Et comment en serait-il autrement? Si l'on veut que les Compagnies fermières exercent réellement l'industrie des transports, qu'elles courent les risques inhérents à toute opération industrielle, il faut leur laisser la faculté de les mesurer, de les limiter, en leur abandonnant les tarifs, limités d'ailleurs par des maxima; si, au contraire, pour conserver à l'État le maniement des tarifs on se résout à couvrir les Compagnies fermières contre tous les risques, c'est l'État seul qui les supporte.

Rien ne s'oppose pourtant à ce qu'on fasse l'expérience du système des Compagnies fermières; l'État possède un réseau, il peut en affermer une partie; il peut même affermer plusieurs parties de son réseau dans des conditions diverses pour comparer les différents systèmes; et, dans quelques années on saura, peut-être, ce qu'il faut penser du fermage, avec plus ou moins de certitude. Mais il y aurait une témérité impardonnable à mettre en expérimentation l'exploitation des chemins de fer sur une grande étendue du pays, alors que d'ailleurs le système actuel des Compagnies fonctionne d'une manière satisfaisante malgré certaines imperfections.

Revision des conventions entre l'État et les grandes Compagnies. — Faut-il conclure de ce qui précède qu'il n'y a rien à faire? Certainement non, et le public réclame à bon droit de nombreuses améliorations dans l'exploitation des chemins de fer.

On a relevé bien des critiques contre les grandes Compagnies.

La critique principale, celle dans laquelle peuvent se fondre presque toutes les autres, peut se résumer en ceci, qu'elles n'ont pas, dit-on, d'intérêt à exploiter plus ou moins bien, à réduire leurs dépenses, et à accroître leur trafic, puisqu'elles sont garanties contre toute perte par les contrats que l'État a conclus avec elles.

Tout d'abord il faut convenir que si cette interprétation des conventions était exacte, on ne pourrait pas, sans injustice, reprocher aux Compagnies une situation qu'elles n'ont assurément pas recherchée, et qui leur a été imposée par l'État quand il a voulu faire construire le second réseau en limitant au minimum ses subventions.

Mais la critique n'est pas absolument fondée : deux Compagnies n'ont pas fait appel à la garantie d'intérêt, et si la garantie de l'État doit fonctionner pendant un temps encore indéterminé pour quelques

unes, il en est d'autres qui, avec leurs seules recettes, dans un avenir plus ou moins prochain, couvriront toutes leurs charges, grâce à l'accroissement du trafic.

Dans une certaine mesure, cependant, il est exact de dire que certaines lignes de chemins de fer sont exploitées par des Compagnies qui n'ont pas d'intérêt immédiat (matériel s'entend) à exploiter bien ou mal; et l'opinion publique peut réclamer avec raison une modification à cet état de choses.

Les modifications à introduire dans le régime des chemins de fer, les améliorations à réaliser, la simplification des tarifs, la mesure dans laquelle l'administration peut et doit exercer son action, tout peut être obtenu par une entente avec les Compagnies, et comme conséquence d'une revision des contrats, que leur intérêt bien entendu les conduirait à accepter. C'est une tentative qui doit être faite résolument avant de recourir à l'exercice du droit réservé à l'État de les déposséder.

Racheter les grandes Compagnies existantes, sous ce prétexte qu'elles n'ont pas un intérêt assez évident à bien exploiter les chemins de fer, et confier ensuite cette exploitation à une administration d'État où la notion de l'intérêt est absolument inconnue, et où la responsabilité n'existe pas en fait, serait une telle erreur qu'il suffit de la signaler.

DE LA CONSTRUCTION DES NOUVELLES LIGNES PROJETÉES.

Construction par l'État. — Si l'État ne doit pas exploiter les chemins de fer, s'il n'y a aucun intérêt public à ce que l'État exproprie les Compagnies actuelles pour les remplacer par des Compagnies fermières, au lieu de réformer les contrats qui lient les Compagnies actuelles, l'État doit-il entreprendre lui-même l'exécution des chemins de fer restant à construire?

Ce qui précède répond à cette question. Exploiter des chemins de fer est une industrie à laquelle l'État est impropre; construire des chemins de fer, est une industrie à laquelle l'État n'est pas plus apte.

Le rôle de l'État est d'être le gardien des intérêts communs, le juge, l'appréciateur des droits de chacun. Il ne doit pas faire d'industrie,

parce qu'il lui manque ou plutôt parce qu'il manquera toujours à ses agents un stimulant qu'il ne peut leur donner, le seul stimulant efficace, l'intérêt.

L'Ingénieur de l'État est désintéressé; tous ses agents le sont au même degré que lui; il ne peut rien pour eux ou très peu de chose; leur situation ne peut s'améliorer, quel que soit le résultat de leurs communs efforts; que chaque kilomètre de chemin de fer coûte 100,000 ou 300,000 francs, ou plus, la situation de tous les agents de l'État n'en sera pas modifiée; les Ingénieurs de l'État, par la nature même de leur position, ne doivent pas, ne peuvent pas faire de l'industrie; leur rôle naturel c'est de surveiller et d'assurer la meilleure exécution au point de vue des intérêts généraux du pays. Ni la science, ni la capacité ne leur manquent, beaucoup d'entre eux ont fait leurs preuves au service de l'industrie privée; mais, en général, les Ingénieurs de l'État ne sont pas spécialistes, en tous cas ils n'ont pas, pour unique spécialité, la construction des chemins de fer.

En outre, un budget considérable, composé de détails infinis comme ceux d'un grand pays, reçu et dépensé par une multitude d'agents divers, ne peut être arrêté, suivi et contrôlé par l'Administration supérieure et par le Parlement, qu'à la condition d'être soumis dans toutes ses parties à des règles invariables, à de rigoureuses formalités.

De là des entraves, des lenteurs, et, par suite, des excédents de dépense auxquels il est impossible de porter remède, parce qu'ils tiennent à l'essence des choses et qu'on ne pourrait les supprimer sans atteindre le contrôle et s'exposer par suite aux plus graves désordres.

L'industrie privée, au contraire, agit à l'aide d'intermédiaires auxquels elle peut donner une responsabilité sans limite, et, par conséquent, la plus complète liberté d'action. Les deux procédés sont donc absolument différents et inconciliables. L'Administration cherche avant tout et avec raison l'ordre hiérarchique et la régularité. L'industrie vise le but à atteindre, en se basant sur la responsabilité de ses agents et leur liberté d'action.

S'il n'y avait pas de précédent dans cette question, s'il n'avait pas encore été construit de chemins de fer, ou si tous les chemins de fer construits jusqu'à ce jour l'avaient été par les Ingénieurs de l'État, il pourrait rester des doutes, mais ce ne sont pas ses ingénieurs qui ont conçu les chemins de fer, qui ont procédé à l'exploitation des premières lignes en France, qui ont introduit dans les travaux publics

l'emploi du fer pour les ponts et pour les couvertures des gares, les fondations des ponts par l'air comprimé, la fabrication de l'acier à bon marché pour les rails, le télégraphe électrique, etc..., c'est tout le monde qui a inventé ou introduit, ou perfectionné, c'est-à-dire les Ingénieurs en général.

Mode de classement des lignes à construire. — L'inaptitude de l'État pour les œuvres industrielles est si absolue, qu'elle se révèle successivement dans toutes les parties de ce grand programme des travaux publics, que le Ministre a dressé avec l'idée préconçue d'en réserver l'exécution à l'État seul.

Si l'industrie privée avait été mise en demeure d'agir, on aurait procédé comme suit :

Pour chaque ligne ou chaque groupe de lignes à construire, on aurait estimé d'abord le trafic probable, et par suite les ressources à provenir de l'exploitation avec une tarification appropriée aux conditions locales; on aurait cherché ensuite quelle sorte de voie ferrée comportaient ces revenus, tramways, chemins de fer à voie étroite, chemins de fer à voie normale; après quoi les intéressés auraient demandé à l'État la concession d'un tramway, d'un chemin de fer à voie étroite ou d'un chemin de fer à voie normale, suivant l'importance des besoins à satisfaire; ils auraient en même temps demandé à l'État une subvention plus ou moins considérable, suivant que les ressources à provenir du trafic auraient été plus ou moins abondantes.

L'État, en sa qualité de gérant des intérêts généraux du pays, aurait examiné la demande, contrôlé, ce qui est dans son rôle et dans le rôle de ses agents, le travail préparatoire des intéressés et leurs diverses appréciations; il aurait ouvert une enquête dans laquelle les négociants, industriels, propriétaires de la contrée auraient été entendus; les corps constitués, municipalités, conseils généraux, Chambres de commerce, auraient donné leur avis; les services généraux du pays : génie, mines, ponts et chaussées, auraient fait leurs observations.

Cette première enquête achevée, l'État aurait apprécié si l'intérêt général permettait qu'on proportionnât simplement la ligne à construire aux seuls besoins de la contrée, et que l'on se bornât à construire un tramway ou un chemin de fer à voie étroite, ou si, au contraire, l'intérêt général, par exemple l'intérêt supérieur de la défense nationale, n'exigeait pas la construction d'un chemin de fer à voie normale.

Dans tous les cas, il aurait demandé aux intéressés de justifier de l'utilité du chemin de fer projeté au point de vue des intérêts locaux ; il leur aurait demandé de prouver que le chemin de fer était désiré dans le pays, qu'il répondait à des besoins réels. La meilleure preuve de ce désir, de ce besoin réel, eût été le concours financier plus ou moins considérable, obtenu des particuliers, négociants, industriels, organisations collectives, communes, départements, Chambres de commerce, etc., etc. L'État aurait eu ainsi une démonstration de l'utilité du chemin de fer projeté et il aurait pu ensuite en toute sécurité accorder une subvention plus ou moins importante, suivant le chiffre des ressources propres à la contrée à desservir, suivant le caractère de la ligne à construire, et suivant qu'il aurait approuvé la construction d'un chemin de fer satisfaisant aux seuls intérêts locaux, ou bien à la fois aux besoins locaux et aux besoins généraux.

Cette manière de procéder n'eût pas été une innovation; on a suivi exactement cette méthode dans le passé, à cela près, et ce n'est pas un détail insignifiant, que l'État n'a donné *aucune subvention ou n'a donné que des subventions insuffisantes aux petites Compagnies qu'il a autorisées*, et c'est la seule cause de l'insuccès trop fréquent des petites Compagnies de chemins de fer, insuccès dont l'État prend texte, bien à tort, pour se faire entrepreneur de chemins de fer.

Partant de là, l'État, pour être conséquent avec lui-même, pour justifier son intervention, déclare qu'il fera grand; qu'il n'est pas digne de lui de mesurer parcimonieusement l'importance de chaque ligne à son produit ou aux services qu'elle rendra; que tous les chemins de fer doivent être établis sur un seul et même type, quel que soit leur trafic; que tous les Français ont droit à jouir des avantages que produit l'établissement d'un chemin de fer. Il oublie d'ajouter que tous les Français payeront ces chemins de fer construits sur un plan trop vaste, et que la conséquence la plus certaine de leur exécution sera l'augmentation des impôts [1].

1. On a émis l'opinion que si les chemins de fer construits ne rapportent rien, si même, loin de donner une recette nette, ils ne couvrent pas leurs frais d'exploitation, leur exécution n'en sera pas moins favorable aux intérêts du pays, parce qu'ils produiront une réduction considérable sur le coût actuel des transports dans les régions qu'ils desserviront.

L'assertion est plus que contestable, surtout dans la forme dogmatique et générale où elle a été produite; si elle était d'une vérité absolue, un moyen

L'État a bien constitué des Commissions administratives pour le classement des lignes à construire, mais quelles lumières, quels avertissements en pouvait-il tirer? Ces Commissions étaient complètement désintéressées dans la question; chacun de leurs membres reste indemne, quelle que soit la classification qui l'emporte. Comment l'État ne se fût-il pas trompé, d'ailleurs, alors qu'on ne trouve dans l'élaboration de son plan aucune trace de l'intervention du seul mobile vraiment sérieux, du seul guide qui ne trompe pas en matière d'économie générale, comme en matière d'économie domestique, l'intérêt personnel.

Il faut ajouter, toutefois, à la décharge des Commissions administratives, qu'on leur a imposé une charge qui dépassait les forces humaines, en leur demandant d'apprécier en quelques semaines, l'utilité et le mode d'établissement de 15,000 kilomètres de chemins de fer. L'impossibilité évidente de faire une étude si sommaire que ce fût de chaque ligne, a dû les conduire à ne faire aucune distinction entre les voies projetées; à admettre qu'elles seraient toutes pareilles, et qu'on construirait toutes celles qu'indiquait un examen, sur la carte de la France, des lacunes du réseau actuel des voies ferrées.

Ordre d'exécution. — La précipitation apportée dans la détermination des lignes à construire, de leur parcours, de leur étendue, de leur nature, sans se préoccuper du régime d'exploitation auquel elles doivent être soumises, ne peut s'expliquer que par des considérations politiques dans lesquelles nous n'avons pas à entrer. Mais de graves mécomptes attendent encore le Gouvernement s'il veut poursuivre l'exécution de son plan.

Il ne suffit pas, en effet, d'avoir décidé qu'on construira 15,000 kilomètres de chemins de fer et d'être autorisé à émettre plusieurs centaines de millions de rente pour payer la construction de ces chemins de

certain d'enrichir le pays serait de faire 30,000 kilomètres de chemins de fer nouveaux plutôt que 15,000.

Mais sans discuter l'assertion en elle-même, en l'acceptant au contraire, il est possible d'affirmer qu'il n'y a pas besoin de faire tous les chemins de fer sur un type unique, et aussi que le total de la dépense n'est pas indifférent — qu'il est indispensable par conséquent de mettre en œuvre, pour la construction des chemins de fer, les combinaisons qui par leur nature même permettent d'espérer la plus grande économie.

fer; il faut encore les exécuter. Comment procédera-t-on? Il va de soi qu'on ne dépense pas plusieurs milliards en une année; on consacrera dix ans à l'exécution, dit-on. Mais comment répartira-t-on les dépenses? Il ne peut pas être question de construire chaque année un dixième de chacune des lignes projetées; il faudra faire les unes d'abord, les autres ensuite; par lesquelles commencera-t-on?

Avec l'industrie privée, c'était bien simple, et l'État n'avait qu'à suivre ce guide bien certain, auquel il faut toujours revenir, l'intérêt, c'est-à-dire l'utilité.

Dans toute contrée pour laquelle l'établissement d'un chemin de fer aurait été un intérêt de premier ordre, des syndicats se seraient formés pour l'étudier et obtenir une concession.

Les intéressés auraient réuni des ressources et seraient venus dire à l'État : « Nous avons besoin d'un chemin de fer, nous en avons un « besoin si pressant que nous sommes disposés à faire des sacrifices « pour vous en démontrer l'utilité; nous ne sommes pas assez riches « pour payer à nous seuls les travaux; mais nous en paierons une « partie; donnez-nous le complément des ressources qui nous fait « défaut. Nous resterons intéressés dans la bonne administration de « ce chemin de fer, par le seul fait que nous aurons volontairement « contribué de notre argent à son établissement; vous pouvez être « certain que nous veillerons à sa bonne gestion. »

Au contraire, avec la solution que l'État est disposé à adopter, il sera fatalement conduit à subordonner l'ordre d'exécution à l'influence des corps électifs, et le chemin de fer qui sera construit le premier ne sera ni le plus utile, ni le plus productif, mais celui qui sera le mieux patronné.

Et, quand ce chemin de fer sera livré à l'exploitation, aucune influence locale ne s'exercera en sa faveur, il n'intéressera personne, on ne s'occupera de lui que pour s'en plaindre.

Inconvénients de concéder les nouvelles lignes aux grandes Compagnies existantes. — Si l'État ne doit pas construire lui-même, doit-il concéder chacune des nouvelles lignes à celle des grandes Compagnies dont elle est voisine. Il ne faut pas hésiter à repousser cette solution.

Une administration aussi compliquée que celle d'une Compagnie de chemin de fer s'accommode mal d'une direction collective; elle doit

aboutir à un chef unique, secondé par trois ou quatre sous-chefs, préposés chacun à une branche spéciale du service : Exploitation commerciale, Matériel et traction, Entretien de la voie, etc., etc. Or, le réseau des grandes Compagnies a déjà une telle étendue que, pour chacune d'elles, le fardeau de la direction atteint et dépasse même, dit-on, la limite des forces humaines.

L'opinion générale, fondée sur l'expérience acquise, considère comme une faute l'extension excessive de certains réseaux ; il faut donc plutôt s'appliquer à les réduire, et surtout ne pas aggraver le mal par de nouvelles concessions.

D'où la conclusion que les lignes qui restent à construire doivent faire l'objet d'un régime nouveau.

Régime à adopter pour les lignes restant à construire. — Après avoir dit ce que l'État ne doit pas faire, il reste à dire ce qu'il doit faire.

L'État doit abandonner définitivement l'idée de se faire industriel : il doit rester dans son rôle de juge, d'arbitre des intérêts privés, de conciliateur des intérêts privés avec les intérêts généraux.

Les pouvoirs publics ont décidé qu'il y avait lieu de consacrer des sommes considérables au développement des voies de communication, en général, et des voies ferrées en particulier ; il faut procéder à cette œuvre, par des moyens propres à assurer à la fois une satisfaction suffisante des besoins démontrés du pays, et la plus grande économie dans les dépenses de construction et d'exploitation.

Il n'y a qu'un seul procédé pour obtenir ce double résultat, c'est de s'adresser à l'industrie privée et à son mobile ordinaire, l'intérêt personnel. L'État au lieu d'employer lui-même, d'abord pour la construction, et ensuite pour l'exploitation, les ressources du budget, doit susciter, favoriser la constitution de Compagnies régionales qui, s'appliquant à connaître les besoins et la richesse de chaque région, lui apporteraient, sous forme de demande de concession, une série d'études qu'il ne peut faire aussi bien par ses agents.

En laissant en principe les grandes Compagnies actuelles en possession de leur réseau, il doit favoriser la formation de groupes locaux de lignes secondaires, d'une étendue modérée, comprenant par exemple, 500 kilomètres, plus ou moins, suivant les circonstances, constitués entre les réseaux des grandes Compagnies. Au besoin, et

à l'occasion de la revision des cahiers des charges, il exigera d'elles la rétrocession des lignes soit construites déjà, soit concédées et qui, ne se rattachant pas nécessairement à leur réseau, permettraient de former un tout homogène avec le réseau restreint de la Compagnie régionale. En même temps, il doit prendre vis-à-vis des grandes Compagnies certaines garanties contre toute manœuvre de détournement du trafic au préjudice de la Compagnie régionale. C'est là un point capital pour la constitution de ces dernières.

Il doit enfin venir en aide aux Compagnies nouvelles, soit par une subvention en argent, soit mieux encore, dans certains cas, par une garantie d'intérêt limité. Il pourra ainsi, en peu de temps, distribuer entre un certain nombre de Compagnies régionales la totalité des lignes à construire.

En procédant ainsi l'État se déchargerait de ce fardeau insupportable pour lui, quoi que l'on en puisse dire, de la construction et de l'exploitation de ces 15.000 kilomètres de chemins de fer; il assurerait, en outre, au pays une construction plus économique et plus rapide, une exploitation moins onéreuse et plus commerciale.

Qu'il suive ces principes, et il créera des centres d'activité qui manquent en général dans nos provinces. Il arrêtera l'extension funeste que prend chaque jour la plaie du fonctionnarisme. Il rendra à l'industrie privée, à l'esprit d'association, un aliment dont il aurait le plus grand tort de les priver. Il fera de la décentralisation utile et profitable à tous, au point de vue moral comme au point de vue matériel.

Les Compagnies régionales se constitueront facilement; les hommes intelligents dont l'activité demeure trop souvent inoccupée dans les régions éloignées des grands centres, y trouveront une occupation utile; lorsqu'ils auront présidé à la création du chemin de fer, à son exécution, à sa mise en exploitation, ils s'y intéresseront et y resteront attachés; Le Ministre et le Conseil général des ponts et chaussées ne seront pas responsables, comme ils le sont au moins moralement aujourd'hui, de la moindre erreur ou du moindre insuccès.

L'avancement des employés se fera sur place, et l'on ne verra pas, comme c'est inévitable dans le service de l'État, un avant-projet émanant d'un premier Ingénieur passer à l'état de projet définitif par les soins d'un deuxième, entrer dans la phase d'exécution ou de mise en adjudication sous la direction d'un troisième, pour être exécuté en

partie par un quatrième qui laissera à son tour à un cinquième le soin de régler les comptes de la construction.

Telle est pourtant la marche ordinaire des choses pour une partie considérable des travaux de l'État, et cela non seulement pour les Ingénieurs, mais pour un certain nombre de leurs agents. Que devient la responsabilité dans cette situation? comment un Ingénieur exécutant un projet qu'il n'a pas conçu, peut-il en être responsable? comment peut-il même le critiquer, le modifier, quand ce projet laissé par le camarade d'école qui a été son prédécesseur, a déjà reçu l'approbation hiérarchique? comment peut-il garantir l'exactitude d'un devis auquel il est complètement étranger?

L'Ingénieur de l'État chargé de construire et qui disparaîtra quand la ligne sera achevée, peut-il prévoir et assurer les besoins d'une exploitation qui n'est pas encore définie? S'il est expérimenté, s'il a construit déjà des chemins de fer, s'il a été attaché à une grande Compagnie, il prendra pour base les agissements de cette société et il établira un chemin de fer de minime importance sur des bases voisines de celles qui sont en usage dans les grandes Compagnies. Il soumettra ses projets au Ministre, c'est-à-dire à l'appréciation d'Ingénieurs aussi désintéressés que lui du résultat de son travail; ces projets seront approuvés, et l'on établira une ligne de chemin de fer pouvant desservir un trafic de six mille francs par kilomètre, sur le pied d'une ligne qui donne passage à un trafic de 40,000 fr.

Avec les Compagnies régionales, au contraire, chaque dépense sera l'objet d'un examen, parce que l'intérêt privé sera toujours en éveil; le Ministre n'a pas le temps d'examiner si chaque ligne est construite en vue de l'exploitation qu'elle comporte, mais l'intérêt privé saura toujours s'enquérir du nécessaire et repousser le surperflu. Il ira même plus loin; tout en limitant la dépense actuelle à la satisfaction des besoins présents, il réservera la possibilité des agrandissements futurs dans de bonnes conditions, parce qu'il n'aura pas en vue seulement une tâche de quelques années à accomplir, mais bien une œuvre d'avenir.

CONCLUSIONS

En résumé, l'État ne doit pas employer les ressources du pays à racheter les lignes de chemin de fer existantes, pour les administrer lui-même. Ce serait substituer, au grand préjudice du pays, une exploitation fiscale et politique à une exploitation essentiellement industrielle et commerciale.

Il ne doit pas davantage opérer le rachat pour livrer l'exploitation à des Compagnies fermières, parce que cette manière de procéder conduirait à des déficits bien supérieurs à la charge qu'imposent les garanties d'intérêt accordées aux Compagnies actuelles, et parce qu'il peut arriver à une solution plus satisfaisante en améliorant le système existant, qu'en essayant un mode d'exploitation nouveau dont les résultats ne sont pas contrôlés par l'expérience.

Il ne doit pas construire lui-même les lignes nouvelles, parce qu'il n'est pas de l'essence de l'État d'exercer une industrie, parce que l'industrie privée saura mieux que lui discerner les lignes utiles, et construira ces lignes beaucoup plus économiquement et beaucoup plus rapidement que lui.

Il ne doit pas concéder les lignes nouvelles aux grandes Compagnies, parce que l'exploitation de ces sociétés d'une part, et la construction et l'exploitation des lignes restant à construire d'autre part, sont deux industries de même nature, mais d'un ordre bien distinct. Les grandes Compagnies et les Compagnies régionales doivent se guider d'après des principes et des règlements différents; la tâche des secondes serait donc très mal et très chèrement remplie par les premières.

Il doit, en ce qui concerne l'exploitation des grandes lignes existantes, reviser le cahier des charges, donner à ces entreprises plus de liberté d'action, une plus grande facilité d'exercer commercialement leur industrie, leur créer un intérêt manifeste à réduire leurs dépenses et à améliorer leur exploitation, sans d'ailleurs attaquer le bénéfice de leur situation acquise et assurer à nouveau, s'il y a lieu, l'efficacité du contrôle de l'État, en qualité de gérant des intérêts généraux du pays.

Enfin, en ce qui touche les lignes restant à construire, il doit en livrer l'exécution et l'exploitation à des Compagnies régionales, en

laissant ces Compagnies proportionner l'importance de leurs lignes aux besoins de la contrée qu'elles doivent desservir. Il doit leur accorder les subventions ou le concours financier nécessaires pour les soustraire aux désastres dont le plus grand nombre des anciennes petites Compagnies a été frappé. En procédant ainsi, l'État assurera l'achèvement du réseau des voies ferrées dans le plus court délai possible et dans les meilleures conditions.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que cette communication vient à sa place et qu'il ne reste plus qu'à entendre les autres communications annoncées sur les tarifs et prix de revient, pour avoir épuisé la question des chemins de fer. La discussion gagnera à être remise après la communication sur les tarifs et prix de revient, et pourra ainsi être encore plus générale.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée.

AVIS.

LE PRÉSIDENT informe ses Collègues que diverses plaintes lui sont parvenues au sujet de la distribution tardive des procès-verbaux. La faute n'en est pas au Secrétariat, mais bien à ceux qui, ayant fait une communication ou pris la parole dans une séance, négligent de faire parvenir à temps, au Secrétariat, soit le résumé de leurs communications, soit la correction des placards qui sont envoyés à chacun des intéressés.

Pour mettre un terme à ces retards, le Président prie ses Collègues de vouloir bien, autant que possible, se conformer aux règles suivantes :

Le résumé de toute communication faite à la séance, résumé qui doit figurer au procès-verbal, doit être remis à M. Husquin de Rhéville, au plus tard le lendemain du jour de la séance, de façon à ce que le Secrétaire en fonctions ait le temps de rédiger le procès-verbal et de le faire parvenir à M. Husquin, au plus tard le lundi matin.

Ce procès-verbal, imprimé en placards dès la journée du lundi, pourra être, sous cette forme, envoyé à la correction dès le mardi et être distribué à la fin de la semaine, si les intéressés ont la précaution de retourner les placards à M. Husquin le lendemain du jour où ils les auront reçus.

Faute par les intéressés, de se conformer à ce petit règlement, le Bureau et le Secrétariat ne pourront prendre de responsabilité au sujet de la distribution tardive des procès-verbaux.

MM. Abadie, Blanchard, Borodine, Garde, Hauet, Herwegh, Paul et Lowe ont été admis comme membres sociétaires, et MM. Baudin, Du Lin et Polack, comme membres associés.

Séance du 19 Mars 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Monbro.

Il annonce que M. Charles Guillaume vient d'être promu au grade de Grand Officier de l'ordre d'Isabelle la Catholique.

M. LE PRÉSIDENT signale enfin qu'un grand nombre de Membres de la Société[1] ont reçu les comptes rendus sténographiques du Congrès international du Génie civil tenu au Palais du Trocadéro du 5 au 14 août 1878, pendant la période de l'Exposition universelle.

Ce remarquable recueil a été imprimé par l'Imprimerie Nationale sous les auspices du Comité central des Congrès et Conférences, dont M. Charles Thirion était secrétaire. M. Tresca, président du Congrès, a dirigé cette publication, qui a été faite par les soins de MM. J. Armengaud jeune et E. Marché, secrétaires du Bureau du Congrès.

Ce Congrès nous intéresse non seulement par les sujets qui y ont été traités et par la grande part qu'y a prise la Société des Ingénieurs civils, mais encore par ce fait exceptionnel que, pour la première fois, après bien des tentatives restées sans succès, nous voyons figurer dans une grande assemblée, nommée à juste titre le Congrès international du Génie civil, tous les hommes qui, sans distinction de pays ou d'origine, avec ou sans attaches officielles, se livrent à des travaux ressortant de l'art de l'Ingénieur.

C'est là un résultat considérable que nous nous plaisons à constater et à considérer comme le présage d'un avenir heureux pour le génie civil, alors que tous les ingénieurs, quelles que soient leur origine et la nature de leurs fonctions, comprendront qu'il est de l'intérêt général et de leur propre intérêt, de se rapprocher et de créer entre eux une union durable et féconde, comme celle qui existe entre les différents membres des professions plus anciennes que celle du génie civil.

Nous sommes heureux d'avoir vu la Société des Ingénieurs civils prendre l'initiative des tendances vers cette grande union, en répondant la pre-

1. Ceux qui désireraient recevoir un exemplaire de ces comptes rendus, devront s'adresser, sans retard, à M. Husquin de Rhéville, Secrétaire-Archiviste de la Société.

mière à l'appel qui lui était adressé, et en s'inscrivant en bloc pour prendre part au premier Congrès international du Génie civil.

M. Brüll présente l'ouvrage de M. Lippmann sur le sondage.

Après avoir loué l'auteur, d'avoir développé ce sujet un peu aride en apparence, d'une manière claire et intéressante, même pour les gens du monde, sans parler de la compétence avec laquelle toutes ces questions sont traitées, il cite le passage suivant de la préface, qui fait bien ressortir le caractère et le but de l'ouvrage :

« Dans une première partie, nous traiterons de l'outillage du sondeur, et nous donnerons au fur et à mesure le mode d'emploi de chaque instrument que nous décrirons; la seconde partie passera progressivement en revue les différentes façons d'installer et de manœuvrer l'appareil de sondage, suivant les diverses limites que nous aurons à atteindre en profondeur; elle sera suivie de quelques exemples d'emplacements spéciaux réclamant une disposition particulière du chantier, et se terminera par une série d'états de composition de sondages à l'aide desquels on pourra, en supprimant les pièces qu'on jugera utiles, ou en augmentant le nombre de celles qu'on trouverait insuffisantes, établir soi-même une sorte de devis approximatif de l'appareil le mieux approprié au travail auquel il est destiné. »

Il est donné lecture d'un extrait d'une note de M. Daniel Colladon sur le raccordement exact des deux galeries du tunnel du Saint-Gothard, effectué le 29 février 1880[1].

La Direction de l'entreprise, prévoyant la jonction prochaine des deux galeries, avait fait établir des communications télégraphiques régulières entre les galeries Nord et Sud. En outre, depuis la dernière semaine de février, le chef mineur du côté sud faisait avancer au centre du front de taille une sonde de 3 mètres, ayant une tête en ciseau pour percer un trou de 8 à 10 centimètres de diamètre.

Samedi soir 28 février, la sonde frappa dans le vide et les communications verbales ou écrites purent s'échanger par ce trou de sonde. Les trous forés pour les explosions furent réduits de $1^m,20$ à $0^m,80$ et $0^m,70$ de longueur et chargés du côté sud.

Lorsque le massif fut réduit à $1^m,40$, on fit du côté sud la perforation comme à l'ordinaire, mais en chargeant seulement les quatre trous centraux ou de rainure autour de celui de sonde, et sept autres trous percés à l'entour espacés sur un cercle d'environ $1^m,30$ de diamètre. Après le garage et l'explosion, on trouva le massif percé d'une large ouverture en entonnoir ayant $1^m,50$ environ de diamètre du côté sud et un peu plus de $0^m,80$ du côté nord. Les premiers arrivés purent franchir cette ouverture.

1. Cette note paraîtra *in extenso* dans le *Bulletin* de mars.

La rencontre en hauteur et en direction dans un plan vertical a été remarquablement exacte, et s'il y a eu erreur, cette erreur ne dépasse pas *un décimètre* en hauteur et *un et demi* décimètre dans le sens horizontal.

Ces petites variations ne sont pas encore exactement vérifiées, mais leur importance est absolument nulle quant à l'exécution finale.

Pour la longueur totale, il y a une différence de moins de 8 mètres entre les longueurs anciennement déterminées trigonométriquement et la somme des mesures directes prises dans le tunnel au moyen de règles ou de rubans d'acier. On n'a pas encore pu préciser laquelle de ces deux déterminations s'approche le plus de la vérité.

C'est une vérification dont on s'occupe actuellement, bien qu'au point de vue de l'achèvement du tunnel, elle n'ait qu'un intérêt tout à fait secondaire. C'est essentiellement une question intéressante au point de vue scientifique.

Au mont Fréjus (mont Cenis) la longueur calculée trigonométriquement a été trouvée plus courte que celle mesurée dans le tunnel après la jonction, la différence a été de 13^{m},55.

L'erreur latérale n'a pas été officiellement constatée ou publiée. On a seulement parlé après le percement d'une différence de 0^{m},35 à 0^{m},45 et M. Colladon ignore si ce fait est exact.

Le percement du tunnel du Fréjus, long de 12.233^{m},55, avait commencé un peu avant la fin de novembre 1857; les deux galeries ont été réunies par un trou de sonde le 25 décembre 1870, au bout de treize ans et un mois environ.

Le percement du tunnel du Saint-Gothard n'a duré que sept ans et cinq mois, en tenant compte de l'excès de longueur qui est de 2686^{m},45.

On trouve pour les avancements totaux mensuels :

Mont Fréjus.	71^{m},551.
Saint-Gothard.	167^{m},640.

La vitesse d'avancement a donc été plus que double au Saint-Gothard, malgré des difficultés tout à fait exceptionnelles pour ce tunnel.

M. Augustin Normand donne communication de sa note sur l'emploi de formes élastiques dans les bielles et les paliers des machines à vapeur.

Les échauffements et l'usure rapide qui se produisent souvent aux coussinets de bielles et de paliers des machines à vapeur, doivent être attribués à une des trois causes suivantes :

1° Insuffisance de surfaces frottantes;

2° Insuffisance de graissage;

3° Variation du parallélisme des coussinets et des organes sur lesquels ces coussinets sont appliqués, résultant soit de la flexibilité des organes mêmes de la machine, soit, sur les locomotives par exemple, de l'élasticité

des ressorts nécessaires au fonctionnement; soit enfin du défaut de solidité ou de stabilité dans l'assise de la machine.

On ne s'occupera ici que de cette dernière cause d'échauffement et d'usure.

Il est évident que si, sans nuire à la solidité des machines, on pouvait donner aux bielles et aux paliers une flexibilité telle que le parallélisme des surfaces frottantes ne fût jamais détruit, on remédierait à ce grave défaut.

M. A. Normand croit y être parvenu pour les bielles en général, en donnant à chaque extrémité ou à une seule extrémité de cet organe, un aplatissement tel que la plus petite section de la partie aplatie soit parallèle à l'axe du coussinet. La section nécessaire est conservée par l'augmentation de la dimension dans le sens perpendiculaire.

Cette déformation de la section serait certainement dangereuse vers le milieu de la bielle, tandis que, très rapprochée des extrémités, elle ne peut présenter aucun inconvénient, à la condition que la longueur de la partie amincie soit telle qu'il ne puisse se produire aucun plissement sous les efforts de compression. Il est prudent d'employer de l'acier ou tout autre métal élastique.

La bielle que M. Normand met sous les yeux de la Société et qui est fixée à une pièce de fonte solide disposée de telle sorte, que la flexibilité de l'organe puisse être constatée par la simple pression de la main, est destinée à un des torpilleurs qu'il construit en ce moment pour le gouvernement français.

Cinq machines munies de bielles semblables fonctionnent actuellement dans de bonnes conditions; aussi l'expérience paraît-elle décisive.

Les bielles sont en acier, elles sont creuses et soumises à des efforts relativement énormes, puisque la puissance développée par ces machines à deux cylindres varie de 450 à 500 chevaux, le nombre de tours s'élevant à 330 environ.

M. Normand indique la disposition qui pourrait être adoptée pour une bielle d'accouplement de locomotive garnie de bagues. Il y a lieu de supposer que dans ces conditions, les bielles subiraient facilement les mouvements de flexion et de tension nécessités par la variation du parallélisme des arbres et que la diminution d'usure et de tendance à l'échauffement qui en résulterait, contribuerait à généraliser l'usage des bielles à bagues si avantageuses au point de vue de la sécurité, et du prix de revient. On pourrait aussi, dans ce cas, augmenter la longueur des axes autant que le permettraient les dispositions générales de la machine.

Pour les paliers d'arbres, il y a également grand avantage à les disposer de telle sorte, qu'ils puissent fléchir légèrement, mais il est impossible de donner des règles fixes à ce sujet. Dans la machine de ses torpilleurs, les coussinets de l'arbre de couche sont portés sur des lames très hautes et très minces venues de fonte avec la plaque de fondation.

Dans les ventilateurs annexés à ces machines et mus par un cylindre

spécial, qui fonctionnent à une vitesse de 1000 à 1200 tours, l'arbre est porté sur un palier en bronze phosphoreux : la portée a une longueur de 220 millimètres pour un diamètre de 50 millimètres. On voit avec quelle facilité le coussinet peut se prêter aux légères flexions de l'arbre de la machine.

M. A. Normand fait remarquer que les dénivellations dont il a cherché à détruire les effets pernicieux dans les machines, se traduisent par des dixièmes de millimètre sur la longueur d'une portée : ce n'est rien en apparence, c'est énorme en réalité si les organes sont d'une rigidité absolue, et cela suffit pour que les efforts sur les surfaces frottantes, au lieu d'être répartis sur la totalité de la surface, s'accumulent sur un seul point.

M. le Président remercie M. Normand pour son intéressante communication, et donne la parole à M. Marché pour exposer les résultats de ses recherches relatives aux prix de revient et tarifs des Chemins de fer.

M. Marché rappelle que, dans une précédente séance, il a indiqué la formule à l'aide de laquelle on peut déterminer le prix de revient du transport sur les chemins de fer en tenant compte de toutes les circonstances qui font varier ce prix de revient, et qu'il s'était engagé à fournir tous les renseignements nécessaires pour fixer la valeur des coefficients qui entrent dans ces formules.

Il présente, dans ce but, un certain nombre de tableaux dans lesquels, d'après la statistique des résultats obtenus sur les lignes exploitées par les six grandes Compagnies françaises, il a groupé toutes les données utiles à l'étude du coût des transports dans les conditions actuelles, données dont la connaissance est indispensable à tous ceux qui veulent discuter impartialement, toutes les questions soulevées aujourd'hui pour la construction du réseau complémentaire, la réorganisation et l'exploitation des lignes construites.

Une première série de tableaux donne, par Compagnie, et en séparant l'ancien et le nouveau réseau, les prix de revient par unité en 1868 et en 1878.

La comparaison de ces deux exercices, à dix ans d'intervalle, montre que, malgré l'augmentation du trafic, le coût du transport a plutôt augmenté que diminué.

Ainsi, les frais d'administration centrale qui étaient, sur l'ensemble des lignes d'ancien réseau, par unité kilométrique, de 0c,134, en 1868, ont été en 1878, de 0c,150, augmentation 12 pour 100; les frais d'exploitation par kilomètre de train, ont passé de 0f,925 à 1 franc, augmentation 7,5 pour 100, et les dépenses d'entretien et de renouvellement de la voie qui étaient en 1868 de 0c,256 par tonne-kilomètre de poids brut, ont atteint, en 1878, 0c,275, augmentation de 7 pour 100.

Seuls, les frais du service du matériel et de la traction ont présenté une légère diminution.

Enfin, la dépense par unité kilométrique est restée sensiblement la même :

2c,41 sur l'ancien réseau et 3c,47 sur le nouveau réseau, en 1868.
2c,40 d° et 3c,98 d° en 1878.

M. Marché ne veut tirer de ces chiffres qu'une seule conclusion, c'est que les formules déduites des résultats de 1878 n'ont pas de caractère exceptionnel et peuvent être admises comme représentant exactement les conditions moyennes dans lesquelles s'effectuent actuellement les transports.

La deuxième série de tableaux est destinée à fournir les coefficients à introduire dans la formule générale.

Cette formule présentée précédemment comme il suit :

Prix de revient par unité kilométrique,

$$x = \frac{a}{\lambda} + b + \frac{tA}{T},$$

doit être mise sous la forme plus générale et plus complète :

$$x = \pi\left(\frac{a'}{l} + b'\right)(1 + m),$$

dans laquelle π est le poids brut total de l'unité considérée, l la distance parcourue, a' la dépense de mise en route (frais généraux et exploitation) par tonne de poids brut, b' la dépense proportionnelle au parcours (traction et voie) par tonne de poids brut, et m le rapport du montant des intérêts et de l'amortissement des dépenses de premier établissement aux dépenses d'exploitation.

Les divers tableaux mis sous les yeux des membres de la Société et qui seront reproduits dans un des prochains *Bulletins*, donnent pour chaque ligne, les valeurs de ces différents coefficients.

Le poids brut moyen π de l'unité est respectivement, pour le voyageur et pour la tonne de marchandises,

sur l'ensemble de l'ancien réseau de 1t,311 et de 2t,670
et sur le nouveau réseau de 1t,817 et de 2t,853

Les valeurs de a' et de b', sont :

	Grande vitesse.		Petite vitesse.	
	a'	b'	a'	b'
Ancien réseau. . .	0f,464	0f,00.875	0f,431	0f,00.602
Nouveau réseau. .	0f,365	0f,01.136	0f,304	0f,00.920

Enfin la valeur de m est sur l'ancien réseau 0f,89 et sur le nouveau de 1,39, ce qui veut dire que pour comprendre dans le prix de revient la rémunération du capital engagé dans la construction, il faut, sur l'ancien

réseau, augmenter les dépenses d'exploitation de 89 pour 100 et sur le nouveau réseau, de 139 pour 100.

Avec ces données, on peut se rendre compte de la manière dont le prix de revient des voyageurs et des marchandises varie avec la distance parcourue. On trouve en effet, sur l'ensemble de l'ancien réseau :

VOYAGEURS.

PARCOURS.	20 kilom.	50k	100k	200k	500k	Parcours moyen 137k.
	c.	c.	c.	c.	c.	c.
1re classe π = 2t.110	12.74	7.19	5.34	4.41	3.96	»
2e classe π = 1t.760	10.63	6.00	4.43	3.68	3.22	»
3e classe π = 0t.880	5.91	3.00	2.23	1.84	1.61	»
Moyenne π = 1t.311	7.92	4.47	3.32	2.74	2.40	4.45

MARCHANDISES.

PARCOURS.	20 kilom.	50k	100k	200k	300k	400k	500k	Parcours moyen 50k.5.
	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.	c.
π = 2t.000.....	10.46	5.54	3.90	3.09	2.82	2.68	2.60	3.46
2t.500.....	13.47	6.92	4.87	3.86	3.52	3.35	3.25	4.34
3t.....	16.60	8.31	5.85	4.63	4.23	4.02	3.90	5.20
4t.....	20.92	11.08	7.80	6.18	5.64	5.36	5.20	6.93
5t.....	26.15	13.85	9.75	7.72	7.04	6.70	6.50	8.66
Moyenne π = 2t.670	13.88	7.40	5.20	4.12	3.76	3.57	3.47	4.62

Le dernier tableau montre à quelles conditions des tarifs de 4, de 3 et 2,5 centimes peuvent être rémunérateurs.

Ainsi, un tarif de 2c,6 n'est rémunérateur que s'il s'agit de marchandises pesant 2000 kilogrammes de poids brut par tonne, ce qui suppose un chargement complet à l'aller et au retour, parcourant 500 kilomètres.

Sur l'ensemble des lignes des nouveaux réseaux, on aurait :

GRANDE VITESSE.

PARCOURS.	20 kilom.	50k	100k	Parcours moyen 33.6.
Voyageur moyen π = 1t.817	12c.36	8c.10	6c.52	9c.65

PETITE VITESSE.

PARCOURS.	20 kilom.	50k	100k	200k	Parcours moyen 71.3
	c.	c.	c.	c.	c.
π = 2t.000.....	11.66	7.30	5.85	5.12	6.43
3t.000.....	17.49	10.95	8.78	7.69	9.65
4t.000.....	23.32	14.60	11.70	10.24	12.87
5t.000.....	29.15	18.26	14.63	12.81	16.09
Moyenne π = 2t.853.	16.64	10.42	8.34	7.31	9.18

D'autre part, les tarifs moyens appliqués en 1878, ont été respectivement :

DÉSIGNATION.	GRANDE VITESSE.	PETITE VITESSE.	MOYENNE.
Ancien réseau.....	5c.30	5c.80	5c.59
Nouveau réseau.....	4c.96	6c.13	5c.60
Moyenne générale...	5c.22	5c.37	5c.59

M. MARCHÉ insiste sur ce fait que si, sur les lignes de grand trafic, le tarif moyen est supérieur au prix de revient, sur les lignes dites du nouveau réseau, sur lesquelles on ne transporte annuellement que 380 000 unités par kilomètre, le prix de revient atteint 9c,18 et que néanmoins le tarif moyen appliqué est sensiblement le même que sur les grandes lignes, de telle sorte qu'il y a sur l'ensemble de ces lignes à faible trafic un déficit de 3c,58 par unité, soit en tout une somme de 120 millions couverte par les sommes déversées par l'ancien réseau et la garantie de l'État.

Ces chiffres montrent que la plus grande partie des difficultés qu'on rencontre pour l'achèvement du réseau, provient de l'application de tarifs insuffisants sur les lignes à faible trafic. Ces difficultés augmenteront encore si on laisse les populations dans cette croyance, que tout chemin d'intérêt général peut et doit transporter les marchandises à raison de 6 centimes par tonne et par kilomètre, on ne préparerait ainsi que la ruine pour des actionnaires, ou l'accroissement des charges des contribuables.

La question des tarifs doit être posée devant la Société, comme elle se présente aujourd'hui devant l'opinion publique.

On affirme que les tarifs appliqués par les Compagnies sont non seulement nombreux et compliqués, mais qu'ils sont surtout injustes et qu'il n'y a pas d'autre moyen de supprimer les inconvénients du monopole, que de remettre à l'État la fixation des tarifs.

Que les tarifs au lieu d'être homologués soient fixés par le ministre, et tous les inconvénients de la situation actuelle disparaîtraient, le bon mar-

ché des transports et la répartition équitable des taxes donneraient immédiatement satisfaction aux plaintes du public.

Ceux qui demandent l'exécution des lignes nouvelles par l'État et le rachat des concessions des grandes Compagnies, déclarent ne poursuivre d'autre objet que de remettre la fixation des tarifs aux mains de l'État.

Nous avons donc à nous demander si le but ainsi poursuivi est de nature à donner satisfaction à l'intérêt général.

Deux questions se trouvent ainsi posées :

1° Quels sont les inconvénients, les défauts, les vices de la tarification actuelle ?

2° Quel système l'État substituerait-il à cette tarification et quels avantages en résulterait-il pour l'industrie et le commerce ?

En ce qui concerne la seconde question, il importe de constater que jusqu'à présent il n'a été fourni à cet égard que des indications bien vagues. Simplification des tarifs actuels, application du principe de la plus courte distance et suppression des tarifs spéciaux, telles sont les formules dont l'application semble devoir suffire à assurer le bon marché des transports.

Les règles fixes de tarification que l'État substituerait aux règles variables des Compagnies, ne seraient favorables au public que si on prenait pour base les tarifs les plus bas de ceux appliqués aujourd'hui, et il en résulterait une diminution considérable des recettes qui se traduirait par l'accroissement des charges budgétaires, et les contribuables auraient ainsi à leur charge la conséquence des réductions du prix des transports.

Il importe pour juger sainement des améliorations qui peuvent être apportées aux tarifs et déterminer le meilleur procédé à suivre pour les obtenir, de bien connaître le mécanisme des tarifs actuels.

M. Marché a, dans ce but, préparé une série d'études sur les tarifs généraux et les tarifs spéciaux de chacune des Compagnies françaises. Ces études, qui comportent un certain nombre de graphiques permettant de se rendre compte par un examen rapide des diverses lois appliquées pour faire varier les prix avec les distances parcourues et qui font ressortir les anomalies et les irrégularités des tarifs généraux, seront publiées dans un prochain *Bulletin*.

Une seule des Compagnies, celle du Nord, applique des lois régulières qui lui ont permis d'établir un barème unique qui, avec le tableau des distances de station à station, permet de calculer tous les prix.

Cet exemple pourrait facilement être imité par les autres Compagnies et il n'y aurait plus qu'à identifier les barèmes pour arriver à une simplification considérable des tarifs généraux, au moins en ce qui concerne les lignes de grand trafic, sur lesquelles on peut appliquer les mêmes bases sans inconvénients.

Quant aux tarifs spéciaux, il en est beaucoup, qui s'appliquant sur tout le réseau, pourraient rentrer dans les tarifs généraux avec barème.

Resterait à examiner les prix exceptionnels, de gare à gare, dont la suppression est demandée par les partisans des tarifs fixés par l'État et qui sont

au contraire justifiés lorsque les Compagnies sont considérées comme des entreprises de transport agissant comme tous les industriels et faisant varier les prix suivant les nécessités de leurs rapports avec le public.

M. LE PRÉSIDENT en remerciant M. Marché et en le complimentant du long travail auquel il s'est livré sur la question importante des tarifs, dit que les tableaux et les développements de son Mémoire paraîtront dans le *Bulletin mensuel* de mars.

M. FALIÈS est loin de partager l'opinion d'après laquelle l'abaissement des tarifs si légitimement réclamé par le commerce et l'industrie serait une chose impossible, irréalisable. Rien ne s'oppose, suivant lui, à la réduction du prix de revient du transport, qui est la base du tarif. En effet, le prix de revient dépend de deux facteurs, les frais d'établissement et les frais d'exploitation. Or, les frais d'exploitation, qui sont de 15 à 16,000 francs par kilomètre, forment un chiffre vraiment exagéré, par rapport à un trafic qui ne produit que 20 à 21,000 francs, comme cela a lieu sur le second réseau des chemins de fer français. Pour réduire cette dépense, qui est considérable, il suffirait d'appliquer à ce réseau un autre mode d'exploitation; ce qui serait facile en diminuant le personnel, le nombre des trains quotidiens, en supprimant autant que possible le service de nuit, etc., etc.

En ce qui concerne l'autre facteur, il n'est pas téméraire d'avancer que les frais d'établissement, qui se sont élevés jusqu'à 450,000 francs pour les grandes lignes, pourront être, toutes proportions gardées et toutes choses égales d'ailleurs, grandement diminués pour les nouvelles lignes à construire.

Il faut en conclure qu'il n'y a pas lieu de désespérer de l'abaissement des tarifs.

M. MARCHÉ répond qu'il ne croit à la possibilité des abaissements de tarifs que sur les lignes de grand trafic. Il est vrai que pour les lignes de faible trafic et surtout pour celles à construire, on peut exploiter économiquement et autrement que les grandes Compagnies sont obligées de le faire.

Sur les grandes artères où circulent des trains nombreux, ce qu'il importe surtout d'assurer, c'est la régularité et la sécurité, et ces conditions entraînent une organisation coûteuse; sur les embranchements c'est l'économie qui doit, au contraire, être la base du système d'exploitation. C'est exiger l'impossible que demander à la même organisation, aux mêmes agents, liés par les mêmes règlements, d'exploiter économiquement les petites lignes, et certainement, en confiant l'exploitation de ces dernières, à d'autres que les grandes Compagnies, si bien outillées pour l'exploitation des artères de grand trafic, on améliorera la situation.

Mais, lors même que les nouvelles lignes seraient construites et exploitées plus économiquement, le prix de revient moyen y sera toujours supérieur à 6 centimes par tonne et par kilomètre, et si on veut que les nouvelles entreprises ne périclitent pas ou ne deviennent pas une source

d'énormes embarras pour le Trésor public, il faudra nécessairement y appliquer des tarifs plus élevés que sur l'ancien réseau actuel, c'est là surtout le fait sur lequel il convient d'insister.

M. Henri Mathieu fait observer que les Compagnies ne peuvent pas exploiter leurs lignes comme elles le veulent, elles sont liées par les cahiers des charges imposés par l'État.

M. le Président donne la parole à M. Lejeune pour sa communication sur les tarifs de chemins de fer et prix de revient des transports.

M. Lejeune déclare que la Société se préoccupe à bon droit des questions qui se rattachent à l'achèvement du réseau national et à son exploitation, ainsi que de l'exclusion systématique de l'industrie privée.

Il apporte à la Société, comme préliminaire de toute discussion, le prix de revient des transports dressé pour l'exercice 1877, année normale. Il complètera sa communication par de nouvelles considérations sur les tarifs.

Tarifs.

Il existe un courant d'opinion assez vif contre les grandes Compagnies, qu'on accuse de maintenir des tarifs de transport exagérés.

Il importe d'examiner si les plaintes que l'on entend sont fondées, en comparant le tarif moyen de France avec le même tarif à l'étranger.

M. Lejeune fait connaître le tarif moyen dans les grands pays d'Europe et sur le réseau américain de Chicago et du Nord-Ouest. Il fait observer que le tarif moyen n'a point de valeur à ses yeux s'il n'est accompagné du parcours moyen qui lui correspond.

Il résulte de cette comparaison que le tarif moyen du voyageur, qui est de 0f,0557, est sensiblement le même que dans la plupart des pays d'Europe, mais que la taxe payée par le voyageur, y compris l'impôt, équivaut à une base kilométrique de 0f,0685, qui est plus élevée que partout ailleurs.

Les impôts sur la grande vitesse, qui représentent 19 pour 100 de la somme payée par le public, sont exagérés et il est urgent de les supprimer.

Quant au tarif moyen de la petite vitesse, il est inférieur à celui de tous les autres pays.

M. Lejeune fait la comparaison des tarifs moyens des années 1857, 1867 et 1877. Il constate que le parcours moyen du voyageur et de la tonne a diminué, comme on devait d'ailleurs s'y attendre, à mesure que l'étendue des réseaux a augmenté. Or, il est évident et universellement admis que le tarif kilométrique moyen doit être d'autant plus élevé que le parcours de l'unité de transport est plus faible. Donc, si le principe de la tarification et les bases d'application des tarifs n'avaient pas changé depuis 1857, on devrait constater une augmentation progressive du tarif moyen.

Les abaissements de tarifs opérés par les Compagnies ont donc une grande importance, et si le public ne s'en est pas aperçu davantage, il faut en recher-

cher les causes dans l'excès des impôts de grande vitesse et dans une répartition défectueuse des abaissements de tarifs de la petite vitesse.

Ces abaissements ne peuvent être le résultat de la concurrence avec les voies de transport autres que les chemins de fer.

Si les Compagnies avaient admis le principe de l'économie des prix de transport par l'itinéraire le plus court, elles eussent maintenu leur tarif moyen dans de bonnes conditions. De plus, ce tarif moyen eût augmenté en raison de la diminution du parcours moyen si les Compagnies n'avaient pas assimilé les lignes pauvres des derniers réseaux à celles de leur ancien réseau, en les faisant bénéficier des tarifs à bases kilométriques très réduites, alors que sur ces faibles parcours les transports, soumis depuis longtemps aux taxes élevées du roulage, eussent déjà trouvé un progrès considérable dans l'application du tarif général.

On doit conclure de ce qui précède que la tarification des lignes nouvelles ou pauvres ne devrait pas être la même que celle des lignes à grand trafic.

Mas si l'on tient compte des nécessités d'une concurrence raisonnable et des exigences du progrès en matière de transports, on doit, tout en abandonnant l'opinion que le tarif moyen devrait être plus élevé en 1877 qu'en 1857, admettre pour le moins que ce tarif moyen eût dû rester le même.

Dans cette hypothèse les excédents de recettes qu'eussent réalisés, en 1877, les Compagnies dont le tarif moyen a diminué depuis 1857, se fussent élevés à 133.580.000 francs.

On peut juger par ces chiffres de la portée des abaissements de tarifs effectués par les Compagnies et de la portée qu'auraient, au point de vue du Trésor public, de nouvelles réductions opérées dans une forte proportion.

Si ces réductions devaient avoir pour effet de réduire le tarif moyen du voyageur de 1/5e et celui de la tonne de 1/4, le déficit dans les recettes, qui devrait être demandé à l'impôt serait, pour un trafic égal à celui de 1877, de. . . . . 170 *millions.*

Si on ajoute à cette somme les 30 millions d'impôts de la grande vitesse que l'État sera pour le moins forcé de supprimer, on trouve définitivement un déficit de. . . . . 200 *millions.*

M. Lejeune croit néanmoins au progrès; il demande tout d'abord la simplification des tarifs, il indique dans quelle mesure on doit consentir des abaissements, et il est d'avis que le public devrait profiter des économies réalisées dans les dépenses de toute nature.

Prix de revient.

M. Lejeune donne lecture du tableau ci-après qui fait ressortir le bénéfice net par unité de transport kilométrique sur chaque Compagnie.

COMPAGNIES.	TARIF MOYEN.	PRIX DE REVIENT.	BÉNÉFICE NET.
	fr.	fr.	fr.
Midi	0,0693	0,0349	0,0344
P.-L.-M.	0,0557	0,0268	0,0289
Nord	0,0563	0,0306	0,0257
Orléans	0,0581	0,0346	0,0235
Ouest	0,0541	0,0375	0,0166
Est	0,0544	0,0399	0,0145
Moyennes	0,0568	0,0325	0,0243

Si l'on tient compte que les tarifs ont fréquemment des bases kilométriques inférieures à 0f,025 et que l'on considère des bases de 0f,03 comme rémunératrices, on peut juger de l'influence que de semblables tarifs doivent exercer sur le produit net.

Il est donc indispensable que l'exploitation des réseaux à faible trafic s'effectue non seulement en vue de tirer le plus grand revenu possible des petites quantités qu'ils transporteront, mais encore de réduire les dépenses à la dernière limite.

M. Lejeune a émis plus haut l'avis que pour obtenir le premier de ces résultats, la tarification des lignes pauvres devait différer de celle des lignes à grand trafic; il est convaincu que si l'on veut, d'autre part, réduire le prix de revient, il faut également que tout diffère dans l'exploitation; ce qui revient à dire qu'il faut à tout prix, en matière de transports par chemins de fer comme en toutes choses, proportionner rigoureusement l'outillage et la mise en œuvre au travail à effectuer.

M. le Président remercie M. Lejeune et annonce que sa communication paraîtra *in extenso* dans le *Bulletin* de mars.

M. Marché dit que les trois hypothèses par lesquelles M. Lejeune a terminé son exposé, viennent à l'appui des observations qu'il a faites au sujet de la répartition irrationnelle des dépenses entre le premier et le second réseau des lignes existantes.

MM. Arnoult, Avisse, Barre, Cantagrel, Chaix, Chiesa, Coffinet, Cruchet, Despaux, Gueyton, Lacroze, Lemoine, Ling, Olivier, Regray, Roux, Peignot, Reinhardt, Van den Berghe ont été reçus membres sociétaires et MM. Gissien et Mulot membres associés.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Les portées des ponts métalliques. — Exploitation des fortes rampes au moyen de machines locomotives à adhérence ordinaire. — Production de vapeur des chaudières de locomotives. — Expériences relatives à l'emploi du fer et de l'acier dans la construction des chaudières.

Les portées des ponts métalliques. — Le pont de la Tay était, au point de vue de la longueur totale, en tête des ponts existant dans les deux mondes, mais il en était autrement eu égard aux longueurs des travées; la plus grande portée était de 74m,70 pour 11 des 85 travées. Ces portées sont aujourd'hui très ordinaires aux États-Unis. Il y a sur le Mississipi, en amont de Saint-Louis, dix ponts qui ne sont pas regardés comme des constructions étonnantes, et dont sept ont des portées égales à celles du pont de la Tay.

Les ponts de Winona, La Crosse, Dubuque, Keobuk et Hannibal ont des travées de 73m,20, le pont de Rock-Island de 76m,25 et celui de Louisiana de 78 mètres.

La travée qui s'est écroulée à Saint-Charles, sous le passage d'un train de marchandises, avait 97m,60, et le même pont avait deux travées restées intactes de 123 mètres de portée. A Lennenworth, sur la même rivière, il y a un pont à trois travées de 103m,90 et à Glascow (États-Unis) un de cinq travées de 96 mètres.

Sur l'Ohio, le pont de Steubenville a une travée de 97m,60, celui de Parkesburg une de 106m,75, celui de Louisville une de 122 mètres, et, enfin, celui de Cincinnati une travée de 157 mètres, la plus grande portée qui existe encore pour un pont à poutres droites.

Le pont sur le Kentucky, pour le Cincinnati and Southern Railroad a trois travées de 114m,40 reposant sur des piles métalliques de 53m,40 de hauteur. Le pont sur l'Hudson, à Poughkeepsie a cinq travées de 152m,50 établies à 41m,20 au-dessus des hautes eaux.

La plus grande portée qui existe en Europe et qui était aussi la plus grande du monde avant la construction du pont de Cincinnati est celle du pont de Kulenbourg en Hollande, 150 mètres.

Les deux grandes travées du célèbre pont Britannia n'ont que 140m,30 (460 pieds) de portée.

(*Journal of the Franklin Institute.*)

Nous devons faire observer qu'il n'est question dans cette note que de ponts à poutres droites. Il y a des ponts suspendus de portées bien plus

grandes, et parmi les ponts en arc on peut citer le pont de Saint-Louis, à arches de 158m,50, et le pont d'Oporto sur le Douro, dont l'arche centrale a 160 mètres de corde entre les axes des retombées de l'arc. C'est la plus grande portée atteinte jusqu'ici par un pont fixe.

Exploitation des fortes rampes au moyen de machines locomotives à adhérence ordinaire. — Dans la séance du 17 juin 1879 de l'*American Institution of civil Engineers*, M. James, D. Burr a donné des détails intéressants sur l'exploitation de certains plans inclinés par des machines locomotives.

Le chemin de fer du Southern Pacific traverse, entre le Colorado et le Nouveau Mexique, la chaîne des Raton Mountains à une altitude de 2354 mètres au-dessus du niveau de la mer; la ligne présente des inclinaisons de 20 millièmes et dans une partie une rampe de 35 millièmes et des courbes de 120 mètres de rayon. Pendant l'exécution du tunnel de faîte, on établit une ligne provisoire avec six rebroussements passant par-dessus la montagne, cette partie présentait des rampes de 60 millièmes. Le service était fait d'abord par des machines ordinaires, mais celles-ci furent bientôt remplacées par une machine-tender de Baldwin du type connu aux États-Unis sous le nom de *Consolidation*, c'est-à-dire à huit roues couplées avec un Bissel à l'avant.

Les dimensions principales de cette machine étaient les suivantes :

Diamètre des cylindres.	0m,508
Course des pistons.	0m,660
Diamètre des roues accouplées.	1m,067
Surface de chauffe du foyer.	14mq
d° des tubes.	115mq
d° totale.	129mq
Poids total.	52 000k
Poids adhérent.	45 300k

Cette machine remorquait, sur les rampes de 20 millièmes, une charge de 434 tonnes, à la vitesse de 13 kilomètres à l'heure, sur les rampes de 35 une charge de 252 tonnes à la même vitesse, et sur les rampes de 60 de la ligne provisoire, des charges de 175 tonnes à la vitesse de 10 kilomètres, ces charges comptées derrière la machine.

Il est intéressant de rechercher quel était le coefficient d'adhérence.

Sur les rampes de 20 millièmes on a :

Résistance due à la gravité.	20k	par tonne.
Frottement des roues.	3k	d°
Résistance de l'air.	0k,9	d°
	23k,9	

$$23^{k},9 \times 486^{t} = 11615 \text{ kilog.}$$

Le coefficient d'adhérence est donc : $\frac{11615}{45300} = \frac{1}{3.9}$.

Sur la rampe de 60 millièmes, on trouverait par un calcul analogue que ce coefficient descend à $\frac{1}{3.1}$ [1].

Ces valeurs sont assurément exceptionnelles. Peut-être le large emploi qui est fait du sable y entre-t-il pour beaucoup.

La machine est munie d'un frein à air Westinghouse. On peut signaler aussi l'emploi de jets d'eau sur les boudins des roues accouplées, pour faciliter le passage dans les courbes.

Production de vapeur des chaudières de locomotives. — Le premier numéro de 1880 du journal l'*Organ* contient un intéressant travail de M. Busse, ingénieur du matériel des chemins de fer de l'État danois, sur la production de vapeur des chaudières de locomotives.

L'auteur prend pour point de départ les expériences faites au chemin de fer du Nord français de 1860 à 1864, sur une chaudière de locomotive divisée en cinq compartiments dont l'un formait le foyer, et dont les quatre autres contenaient des faisceaux de tubes de longueur égale.

On mesurait séparément la quantité d'eau vaporisée par chacun des compartiments.

Si on considère les poids d'eau vaporisée dans les cinq compartiments, on trouve pour diverses dépressions en centimètres d'eau mesurées dans la boîte à fumée, les chiffres suivants par mètre carré :

VIDE en centimètres d'eau à la boîte à fumée.	BOITE à feu.	N^os^ DES COMPARTIMENTS.			
		I.	II.	III.	IV.
2	114.9	26.2	12.2	6.5	4.0
4	150.0	37.3	20.1	10.5	7.2
6	186.6	53.7	22.0	17.6	11.6
8	209.5	47.8	25.6	15.8	11.5
10	189.7	68.1	31.1	21.1	13.7

On peut relier les chiffres représentant les quantités d'eau vaporisée dans la boîte à feu par la formule ci-après :

$$F = 100 \sqrt[3]{v} + 16 \sqrt{v} - 36 \qquad (1)$$

F étant la quantité d'eau vaporisée par mètre carré et par heure, et v la dépression en centimètres d'eau dans la boîte à fumée.

1. Nous ne sommes pas habitués en Europe à des coefficients d'adhérence aussi remarquablement bas ; nous ne croyons pas que, dans l'exploitation des lignes de montagnes, on soit jamais descendu au-dessous de 1/5.

Cette formule est sensiblement exacte pour les valeurs de v comprises entre les limites ci-dessus de 2 et 10 centimètres.

Quant aux quantités d'eau vaporisée par les tubes, si on appelle S la quantité vaporisée par un faisceau tubulaire dont le milieu des tubes est à la distance e de la plaque tubulaire de la boîte à feu, on peut la représenter par la formule

$$S = \frac{25 + 32.4\,v}{(1.3 + 0{,}05\,v + e)^2} \qquad (2)$$

Cette seconde formule permet de passer, au moyen d'une intégration, à une troisième, dans laquelle la distance e est remplacée par la longueur l du faisceau des tubes, cette formule est :

$$R = \frac{25 + 32.4\,v}{(1.3 + 0{,}05\,v)\ (1.3 + 0{,}05\,v + l)} \qquad (3)$$

En remplaçant v par ses valeurs de 2 à 10 centimètres, on trouve:

Pour $v = 2$ $\quad R = \dfrac{90}{1.4\ (1{,}4 + l)}$

— 4 $\quad R = \dfrac{155}{1.5\ (1.5 + l)}$

— 6 $\quad R = \dfrac{220}{1.6\ (1.6 + l)}$

— 8 $\quad R = \dfrac{285}{1.7\ (1.7 + l)}$

— 10 $\quad R = \dfrac{350}{1.8\ (1.8 + l)}$

Ainsi pour un vide de 6 centimètres, qui est une moyenne assez généralement atteinte, on trouve que des tubes de 1, 2, 3, 4 et 5 mètres donneraient des productions de vapeur de 53, 38, 30, 25 et 21 kilogrammes par mètre carré et par heure, la production du foyer étant, comme on l'a vu plus haut, de 186 kilogrammes.

Les formules 1 et 3 donnent donc le moyen de calculer approximativement la production de vapeur d'une chaudière dont on a les éléments.

Ainsi, une chaudière ayant 10 mètres carrés de surface de foyer, 120 mètres de surface de tubes avec des tubes de 5 mètres, produirait pour un vide de 6 centimètres :

Foyer	$186 \times 10 = 1860$
Tubes	$21 \times 120 = 5520$
Total	4360

Soit en moyenne $\dfrac{4360}{130} = 33{,}5$ kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe totale et par heure.

Une chaudière ayant $4^m,60$ de surface directe, $40^m,50$ de surface de tubes et des tubes de $2^m,40$ produirait :

Foyer	$186 \times 4.60 =$	856
Tubes	$34.4 \times 40.50 =$	1390
Total		2246

Soit pour 45,10 mètres carrés une production moyenne de 49,8 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe totale et par heure.

Expériences relatives à l'emploi du fer et de l'acier dans la construction des chaudières. — MM. Greig et Eith ont présenté l'année dernière à l'*Institution of Mechanical Engineers* un travail très important sur l'emploi du fer et de l'acier dans la construction des chaudières.

Le but des auteurs était de donner les résultats des nombreux essais auxquels ils s'étaient livrés sur les divers éléments qui composent une chaudière du type locomobile, éléments dont l'assemblage par rivets est le principal ou pour mieux dire la base.

On a commencé par soumettre aux essais le métal des rivets. Le fer à rivets du Yorkshire, marque Taylor, a donné des résistances à la rupture de $34^k,65$ par millimètre carré et l'acier doux de John Brown et C^ie de $44^k,69$, les résistances au cisaillement étant respectivement de 29^k66 et $34^k,5$, ce qui semble bien indiquer, par parenthèse, qu'il n'y a aucune relation bien déterminée entre les résistances à la traction et au cisaillement. Pour essayer la résistance du métal façonné en rivets, on assembla des feuilles d'acier de $9^{mm},6$ d'épaisseur, les rivets avaient 16 millimètres de diamètre et les trous percés au foret, $17^{mm},6$. On a constaté que les rivets avaient une bien plus grande résistance au cisaillement que le métal dont ils étaient faits, ce qui est dû en partie à ce que la section du rivet refoulé dans le trou de plus grand diamètre a augmenté, et en partie au frottement déterminé par le rapprochement des feuilles métalliques. Cette augmentation est d'autant plus grande que l'écrasement de la tête du rivet a été opéré sous une plus grande pression.

Avant d'expérimenter les assemblages de tôle au moyen de rivets, on a d'abord essayé les feuilles elles-mêmes. Les résistances moyennes à la rupture ont été :

Fer Brown.	$34^k,75$	par millimètre carré.
— Cammell	$34^k,79$	—
Acier Brown	$40^k,87$	—
— Cammell . . .	$39^k,79$	—

On a comparé les assemblages avec trous poinçonnés et trous percés au foret, les assemblages avec simple et double rang de rivets, les assem-

blages par recouvrement, avec simple couvre-joint et avec double couvre-joint. Voici les principales conclusions auxquelles ont conduit ces essais.

Les joints à recouvrement avec plaques de fer ont toujours cédé par rupture des plaques entre les trous de rivets; avec les trous forés, la résistance n'a été que de 0,504 de celle des plaques entières et, avec les trous poinçonnés, des 0,406. Cet effet peut tenir en partie à la flexion qu'éprouve à la traction le joint par recouvrement.

Avec l'acier, la rupture a toujours eu lieu par le cisaillement des rivets; la résistance étant 56,6 pour cent de celle des plaques pour les trous forés et de 60 pour cent pour les trous poinçonnés : cette supériorité en faveur de ces derniers est à noter, elle tient probablement à la conicité des trous. Le poinçonnage serait donc favorable à la résistance des rivets et le forage à la résistance des tôles.

MM. Greig et Eith ont également essayé l'influence des systèmes de rivetage.

Voici les principaux résultats :

Mode de rivure.	Rapport de la résistance de l'assemblage à celle de la plaque.	
	Fer.	Acier.
Rivure à la main.	$0^k,465$	$0^k,490$
— par machine à vapeur. . .	$0^k,509$	$0^k,580$
— par machine hydraulique.	$0^k,539$	$0^k,540$

On peut en conclure que la pression hydraulique ménage les tôles et a une supériorité lorsque c'est la plaque qui est la partie faible, tandis que la vapeur qui agit par choc donne une meilleure rivure au point de vue de la résistance propre du rivet. Les joints à recouvrement à deux rangs de rivets ont également cédé avec le fer par la rupture des tôles en donnant 0,65 de la résistance de la plaque et avec l'acier par cisaillement des rivets en donnant 0,70 de la résistance de la plaque.

Les assemblages à simples couvre-joints avec un seul rang de rivets ont donné à peu près les mêmes résultats que les joints à recouvrement; il en est de même respectivement pour les assemblages à double rang de rivets. Ceci se comprend parce que les assemblages de ce genre tendent à se redresser sous la traction.

Les joints à double couvre-joint ont au contraire donné une plus grande résistance.

Les auteurs ont fait un grand nombre d'expériences sur des portions de chaudières telles que parois entretoisées de boîtes à feu, et corps cylindriques et sur des chaudières complètes. Nous renverrons, pour les résultats, au Mémoire qui contient des tableaux nombreux et très remplis, et nous nous bornerons à donner les conclusions de ce travail remarquable. Les auteurs se prononcent en faveur de l'emploi de l'acier, mais en réclamant pour ce métal un peu plus de dureté (hardness) et de résistance à la traction

que les aciers doux actuels; ils conseillent l'emploi des assemblages à *double couvre-joint*, qui permet à la traction d'agir dans l'axe de l'assemblage. Ils ont constaté qu'avec des assemblages bien faits, il est impossible de déterminer une rupture au moyen de la pression hydraulique, la compression des rivets et l'ovalisation des trous déterminant bien avant des fuites qui empêchent la pression de s'élever. C'est à ce point de vue qu'un accroissement dans la dureté du métal serait avantageux.

Quant à la question de la durée des chaudières en acier, on a pu faire une expérience comparative dans des conditions pour ainsi dire uniques. Une machine à labourer à double moteur, construite par MM. John Fowler et C^ie^, en 1868, a été pourvue d'une chaudière en acier et d'une chaudière en fer; ces deux chaudières ont donc fait absolument le même travail pendant onze ans. La chaudière en acier n'a jamais donné lieu à aucun embarras et est encore à l'heure qu'il est de beaucoup la meilleure des deux.

Au cours de la discussion qui a suivi cette communication, M. F. W. Webb a donné d'intéressants détails sur les chaudières de locomotives qu'il construit exclusivement en acier depuis sept ans à ses ateliers de Crewe et actuellement à peu près à raison d'une par jour. Les résultats qu'il a obtenus concordent pleinement avec ceux qui ont été donnés dans le Mémoire de MM. Greig et Eith. Le meilleur assemblage est celui à double couvre-joint avec un seul rang de rivets.

M. Webb est arrivé, en modifiant successivement les proportions des éléments de l'assemblage, à en obtenir les 0,716 de la résistance de la tôle, après avoir commencé par 0,570. Il fait actuellement les corps cylindriques d'une seule feuille de tôle; il n'y a qu'un joint longitudinal qui, placé à la partie supérieure hors de l'eau, n'est point sujet à la corrosion. Les proportions de l'assemblage sont pour des tôles de 11^mm^,2, diamètre des rivets 16^mm^,2, écartement d'axe en axe 51 millimètres, distance du bord de la tôle, 38^mm^,3, épaisseur des couvre-joints 9^mm^6, largeur des couvre-joints 134 millimètres.

D'autres Membres ont insisté sur la possibilité de réduire encore le nombre des assemblages en employant des anneaux laminés circulairement, anneaux déjà employés pour les foyers intérieurs des chaudières marines à haute pression; on y arrivera probablement avant peu d'une manière courante.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 8 *mars* 1880.

Note de M. Colladon sur la rencontre des deux galeries d'avancement du tunnel du Saint-Gothard.

Projet de canal maritime interocéanique, extrait d'une lettre de M. de Lesseps à M. Larrey, datée de Panama, 28 janvier 1880.

Recherches analytiques sur le coefficient de régularité du mouvement dans les transmissions par câbles, note de M. Leauté.

Séance du 15 *mars* 1880.

État actuel de la question du canal interocéanique, extrait d'une lettre de M. de Lesseps à M. Larrey, datée de Panama, 9 février.

Mémoire de M. Leauté sur les règles pratiques pour l'établissement des transmissions télodynamiques.

Mémoire de M. Marcel Deprez sur le rendement économique des moteurs électriques et sur la mesure de la quantité d'énergie qui traverse un circuit électrique.

Note de M. Resio sur l'application du téléphone à la mesure de la torsion des arbres des machines en mouvement.

Voici le principe; on fixe sur l'arbre à la plus grande distance possible l'une de l'autre (ce procédé est surtout applicable aux arbres d'hélices qui sont très longs) deux roues en cuivre jaune portant des palettes équidistantes en fer doux; des bobines à noyau aimanté ayant leur axe normal à celui de l'arbre présentent aux palettes des roues les pôles de même nom, et leurs fils enroulés en sens inverse font partie d'un circuit commun avec un téléphone récepteur. S'il n'y a pas de torsion dans l'arbre, les courants déterminés par chaque bobine se détruisent et le téléphone reste muet; si au contraire il y a torsion, les palettes ne passent pas au même moment dans le plan des bobines et il y a un écart proportionnel à l'effort, le téléphone rend un son; si on déplace angulairement l'une des roues de manière à rendre le teléphone muet, l'angle de déplacement donne la torsion pour la longueur qui sépare les plans des roues.

Séance du 22 *mars* 1880.

Note de M. Tresca sur le réglage électrique de l'heure à Paris.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 7 FÉVRIER 1880.

Note de M. Pourcel sur les gaz renfermés dans le fer et l'acier et observations de M. Brustlein sur cette communication.

Communication de M. Imbert sur la lumière électrique, dernier procédé Edison.

Note de M. Vialla sur le broyeur Carr.

Rail pour tramway, par M. Brunon ; ce système est formé de deux rails à patin dont l'un plus étroit que l'autre sert de contre-rail; ces fers sont fixés sur une traverse formée d'une bande plate en fer ou acier, placée de champ et entaillée pour recevoir les rails; les traverses se logent entre les pavés.

DISTRICT DU SUD-EST, 4 JANVIER 1880.

Communication de M. Sarran sur la machine à agglomérer des mines de Sumène.

Discussion sur les causes de l'accident arrivé à Fontanes.

DISTRICT DE BOURGOGNE, RÉUNION TENUE A MONTCHANIN, 10 JANVIER 1880.

Nouveau procédé de percement des galeries par M. Penrice; un moteur généralement à air comprimé porté sur un affût fait agir 4 ou 5 perforatrices de grandes dimensions pouvant percer des trous de 4 centimètres de diamètre et de 3 mètres de longueur; ces trous sont chargés de dynamite n° 1 ou de dynamite-gomme. Cet appareil est en essai à Blanzy.

Four coulant à gaz pour le grillage des minerais spathiques aux mines d'Allevard et de Saint-Georges, pour le service des usines du Creuzot.

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS.

JANVIER 1880.

Discours du Président, M. E. A. Cowper. Ce discours traite principalement de l'application de la mécanique à la fabrication des produits industriels, qui a pendant longtemps été le monopole de la Grande-Bretagne. En présence de la concurrence étrangère, il faut pour produire à bon marché, s'attacher à la fabrication mécanique et par masses des objets qu'on faisait autrefois à la main et par petites quantités. M. E. A. Cowper insiste sur la nécessité de l'union entre les Ingénieurs et les Manufacturiers, qui ne peuvent que gagner à échanger leurs idées sur les améliorations des diverses branches de l'industrie mécanique, les derniers pouvant indiquer les besoins à satisfaire et les premiers donnant les moyens d'y arriver.

Réponse de M. Léon Franq à des observations faites dans la discussion qui avait suivi sa communication sur la locomotive sans foyer à une séance précédente.

Mémoire de M. Browne sur les locomotives de tramway du système Brown de Winterthur.

Cette communication a donné lieu à une importante discussion, dans laquelle le système a été vivement attaqué par quelques membres et non moins vivement défendu par d'autres.

Perfectionnement dans les laminoirs à tôle de fer et d'acier, par M. Ed. Hutchinson.

L'action automatique est-elle nécessaire ou désirable dans les freins continus de chemins de fer ? communication de M. T. Harry Riches.

L'auteur conclut qu'il n'y a pas encore en service en Angleterre de freins automatiques assez sûrs pour qu'on puisse les adopter de préférence aux systèmes non automatiques. Les expériences doivent être prolongées avant qu'un système puisse être imposé aux Compagnies, et en tout cas il est nécessaire que les systèmes automatiques employés actuellement soient simplifiés. Le Mémoire contient des tableaux donnant les relevés du fonctionnement des freins continus, Westinghouse, Sanders, Steel, Smith, de janvier 1878 à juin 1879.

Le Président a clos la discussion qui a suivi en disant qu'il n'était pas étonnant que les partisans des divers systèmes tirent des conclusions différentes des chiffres des rapports du *Board of Trade*, ces rapports ne sont pas suffisamment explicites en ce qui concerne les manquements des freins continus; ils devraient, dans chaque cas, indiquer si les circonstances paraissent pour ou contre le système. Le Président regrette de voir que le Block-system ne se répand pas plus rapidement sur le continent; c'est à son avis le vrai remède contre les accidents, et la sécurité qu'il assure doit faire

passer sur la dépense d'établissement et de service que son emploi peut entraîner.

Structure des lingots d'acier fondu. Mémoire de M. D. Chernoff, lu à la Société impériale technique de Russie et traduit en anglais par M. W. Anderson.

AMERICAN INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS

Séance du 19 novembre 1879.

Communication de M. Menocal sur les divers projets de canal interocéanique.

M. Menocal indique que trois projets ont été plus particulièrement étudiés :

1° Le tracé par Colon-Panama ;
2° Le tracé par San-Blas ;
3° Le tracé par le Nicaragua.

M. Menocal s'étend principalement sur ce dernier projet dont il a fait lui-même les relevés sur le terrain ; le canal exécuté à niveau par le Nicaragua serait extrêmement coûteux, mais en le faisant avec des écluses, on diminuerait beaucoup les dépenses.

Les conclusions du travail de M. Menocal sont :

1° S'il est désirable de faire un canal sans écluses, on doit dire que son exécution avec ou sans tunnel présente des difficultés et des incertitudes telles que les chances de succès commercial deviennent douteuses.

2° Un canal à écluses peut être construit de manière à satisfaire à toutes les exigences de la navigation et à un prix assez modéré pour permettre une exploitation fructueuse, sans tarifs de transit exagérés.

3° Si un canal à écluses semble possible également par Panama et par le Nicaragua, ce dernier tracé présente plus de facilités d'exécution et laisse moins d'imprévu ; la position du Nicaragua est d'ailleurs plus avantageuse pour les États-Unis qui sont plus intéressés qu'aucune autre nation à l'exécution de ce travail.

Cette communication a été dans la séance suivante l'objet d'une discussion que nous résumons ci-après.

M. Walton-W. Evans dit qu'il a la pratique de la construction des canaux et qu'il a aussi l'expérience du climat de l'Amérique centrale et des pays sujets aux tremblements de terre. Il faut avoir habité ces régions pour se faire une idée exacte de ce que sont les crues dans la saison des pluies. Une

pluie continue de 12 heures n'est pas rare dans le Nicaragua et 125 millimètres de hauteur d'eau tombée représentent quatre milliards de mètres cubes dont la majeure partie devrait s'écouler par le fleuve de San-Juan; si on tient compte de l'altitude du plateau qui reçoit ces eaux, on peut se figurer l'effet de quatre milliards de tonnes descendant de 33 mètres. Cette considération doit faire écarter le tracé par le Nicaragua. Il en est de même pour celui par Panama, on ne pourrait dériver le Chagres qu'au prix de dépenses exorbitantes. Le tracé par San-Blas est assurément le meilleur pour un canal à niveau; le Rio Bayano peut être détourné dans le golfe de Panama par une dérivation spéciale sans grandes difficultés. Il est vrai que le travail le plus sérieux par cette voie est le percement du tunnel, mais ce genre de travail ne présente plus aujourd'hui de difficultés insurmontables. Pour 13 kilomètres de longueur, 45m,75 de hauteur et 24,40 de largeur, le tunnel pourrait coûter 370 millions et le canal complet 690 millions.

Il ne faut pas oublier que pour des travaux de ce genre il faut compter largement; aussi, dans ces pays et pour des ouvrages de cette espèce, peut-on poser pour règle qu'en fait d'estimations, il faut forcer les cubes résultant des devis, forcer les prix élémentaires, faire le produit, ajouter 20 pour 100 et *doubler le tout.*

D'ailleurs, pour M. Evans, la question du coût d'établissement est secondaire. Les avantages que procurera le canal interocéanique sont tels, que le tracé à adopter doit être celui qui donnera l'exploitation la plus facile et la plus sûre et le transit le plus rapide, quand même ce ne serait pas le tracé le moins coûteux. L'intérêt des États-Unis dans l'exécution du canal est si grand, que le gouvernement devrait, à son avis, proposer à la Compagnie de lui fournir la moitié du prix de construction, de lui laisser les recettes entières, sans intérêts, pour une durée de cent ans et de lui rembourser à l'expiration de la concession l'autre moitié du prix d'établissement.

L'avenir de l'Amérique est immense. Dès 1804, le gouverneur Morris écrivait à un de ses amis en Europe : « Nous ne faisons encore que gratter l'écorce de notre pays, l'intérieur dépasse, comme fertilité, comme richesse, comme tout, la partie que nous habitons; le plus brillant empire de l'Europe n'est rien à côté de ce que sera l'Amérique dans deux cents ans, peut-être même dans cent. »

M. Frederick, M. Kelley considère également le tracé par San-Blas comme préférable, c'est le plus court, le meilleur et le moins cher des tracés à niveau; il y aurait de bons ports naturels aux deux extrémités. Quand même il devrait coûter le double du canal par le Nicaragua, il serait préférable par les facilités de passage et d'entretien qu'il présente. Un tunnel, même de 16 kilomètres de longueur, ne serait pas un obstacle effrayant.

M. Charles, A. Swet pense que le canal par San-Blas coûtera environ 520 millions de francs, et 500,000 francs de dépenses annuelles d'entretien; la durée du transit sera de 9 heures.

Il considère le tracé par Panama comme impraticable avec ou sans

écluses à cause des crues du Chagres; en tout cas le chiffre de 480 millions de l'estimation de M. Menocal est insuffisant, il devrait être porté au double. Le tracé par le Nicaragua comporte des courbes inadmissibles. puisque le canal ne permettrait que le passage de navires de 10 à 11 mètres de bau, la dépense serait donc augmentée et devrait être portée à 440 millions. L'entretien annuel coûterait cinq millions, et il faudrait pour le transit, 60 heures pour les vapeurs et 80 pour les navires à voiles remorqués.

M. John Campbell compare les tracés à écluses par Panama et par le Nicaragua, parce que, d'après lui, le tracé par le Nicaragua est inadmissible sans écluses, mais, contrairement à l'opinion de la majorité des membres du Congrès de Paris, il se prononce pour le canal à écluses par le Nicaragua; du reste il est difficile de faire un choix d'une manière absolue parce que les explorations et relevés faits jusqu'ici ne permettent pas de décider la question en connaissance de cause.

M. Charles, D. Wards présente quelques observations sur le tracé avec écluses, de Colon à Panama, qui a fait l'objet de la communication de M. Menocal; il ne voit pas d'impossibilité à endiguer le Chagres pour éviter les effets des crues. N'y aurait-il pas d'ailleurs une solution admissible entre les deux extrêmes, un canal à niveau très coûteux et un canal d'un prix moindre, mais avec un très grand nombre d'écluses?

M. Nathan Appleton a été délégué au Congrès de Paris; il peut affirmer que les décisions y ont été prises en conscience et la vérité cherchée sans parti pris; le choix du Congrès en faveur du tracé par Panama a donc une autorité incontestable.

M. J.-F. Shelbourne considère comme insuffisante la longueur de 122 mètres prévue pour les écluses du canal de Nicaragua. Ce tracé est difficile à exécuter et à maintenir. Les craintes exprimées par M. Menocal, au sujet du tracé par San-Blas, sont imaginaires.

M. Max E. Schmidt désirerait savoir si la question d'exécution des tunnels pour les tracés à niveau a été suffisamment étudiée; celle de la dimension à donner aux écluses mérite la plus sérieuse attention; quant à la durée du transit, c'est moins important; qu'est-ce que 6, 10 ou 38 heures en comparaison du voyage de circumnavigation autour de l'Amérique méridionale?

M. Thomas J. Long croit utile de rappeler les dimensions des grands navires à vapeur. Si on écarte le *Great-Eastern*, resté jusqu'ici à l'état d'exception, on trouve entre 149m,50 et 146m,50 un seul navire; entre 143m,30 et 140m30 un navire; entre 131 et 128 mètres on en trouve déjà 10; et 20 entre 125 et 122. Il faut de plus considérer que les longueurs indiquées sont prises à la flottaison, ainsi le *City of Berlin*, le plus long navire après le *Great-Eastern*, a 152m,50 de longueur totale pour 149 mètres à la flottaison. Si donc les écluses de 122 mètres du canal de Nicaragua ne peuvent recevoir que des navires de 115 mètres, 124 grands navires existant actuellement et faisant pour la plupart le service transatlantique se

verront ce passage interdit. Il faut d'ailleurs tenir compte de la tendance à accroître les dimensions des bâtiments à vapeur.

Ainsi la largeur de 13m,40 au maître couple n'est plus rare aujourd'hui et il faut prévoir celle de 15m,15; la largeur indiquée dans le projet de M. Menocal est donc insuffisante.

M. Edward P. North pense qu'il est prématuré de discuter sur les prix d'établissement d'un canal interocéanique en l'absence d'éléments suffisants; il y a des choses impossibles à évaluer d'avance, par exemple, les frais d'administration qui ont joué un rôle prépondérant dans des affaires analogues. Il n'est peut-être pas exagéré de les compter au moins à cent pour cent du prix d'établissement; si on estime celui-ci à 600 millions, on arriverait à un chiffre total de 1200 millions. Il faut en outre considérer que le trafic ne se déterminera peut-être pas aussi rapidement qu'on le suppose; pour ces deux raisons, il faut se tenir en garde contre les illusions au sujet du produit net d'une entreprise de ce genre.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

Janvier 1880.

Voiture mixte (1re et 2e classe) à couloir latéral, système Heusinger de Waldegg.

Transmissions par câbles, par M. F. Bock.

Distribution de précision pour machines à vapeur, sytème Von Menck, et Hambrock.

Machines à vapeur à grande vitesse, influence de la compression sur leur marche, par M. Otto Köhler.

État actuel de la perforation mécanique, perforatrices, machines à comprimer l'air, par M. Erdmann, de Duisburg.

Expériences sur la vaporisation de la chaudière à tubes de sûreté, système Schmidt, par M. Brauer, de Berlin.

Mesurage des flèches dans les épreuves des ponts au moyen de fils de fer tendus.

Février 1880.

Machines élévatoires de la distribution d'eau d'Augsburg, par M. J. Krumper.

Les machines à vapeur à grande vitesse (suite et fin).

La chute du pont de la Tay.

Machines agricoles, chauffage et ventilation.

Vitesse des navires à vapeur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE.

N° 1. — 1880.

Chemin de fer funiculaire de Lausanne-Ouchy, par M. Ferdinand Reiter.

La régularisation de la Theiss et la catastrophe de Szegedin, par M. Joseph Riedel.

Recherches sur l'équilibre des tiges élastiques, par le professeur Pochhammer.

N° 2.

Chemin de fer funiculaire de Lausanne-Ouchy (suite et fin).

La régularisation de la Theiss et la catastrophe de Szegedin, par M. Joseph Riedel (suite et fin).

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

Paris. — Imp. E. CAPIOMONT et V. RENAULT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1880

N° 4

Pendant le mois d'avril les questions suivantes ont été traitées :

1° *Réception du professeur Nordenskiold* (séance du 2 avril, page 466).

2° *Régularisation du Danube aux environs de Vienne*, construction d'une *porte flottante destinée à protéger la capitale de l'Autriche, contre les hautes eaux et les glaces du Danube*, par le baron Engerth (séances des 2 et 16 avril, pages 466 et 472).

3° *Chemins de fer de l'État belge*, lettre de M. Molinos (séance du 16 avril, page 472).

4° *Voies navigables* (question des), par M. Cotard (séance du 16 avril, page 431 et 480).

5° *Rachat des chemins de fer par l'État*, par M. de Coëne (séance du 16 avril, page 486).

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur le *Rachat des chemins de fer*.

De M. Finet, membre de la Société, des exemplaires de sa notice sur l'*Exploitation des Canaux et des Voies navigables.*

De M. Cornut, ingénieur, un exemplaire de son *Etude géométrique des principales distributions en usage dans les machines à vapeur fixes* (avec atlas).

De M. Berthaud, conducteur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa note sur une *Mire parlante.*

De M. Petiet, membre de la Société, divers ouvrages.

De M. Jules Michel, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa notice intitulée : *Essai sur les diverses mesures de longueur et de superficie employées en France avant l'adoption du système métrique.*

De M. Barba, membre de la Société, un mémoire sur les épreuves de *Résistance à la traction. Etude sur les allongements des métaux après rupture.*

De M. Deniel fils, membre de la Société, une note sur l'*Etablissement d'un chemin de fer sur la glace, sur le fleuve Saint-Laurent.*

De M. Charpentier (Paul), membre de la Société, une note sur de nouvelles méthodes d'*Analyse volumétrique pour le dosage rapide de l'argent, du mercure et de l'azote.*

De M. Gauthier (Charles), membre de la Société, un mémoire sur les *Lacs salés du Caucase.*

De M. Cotard, membre de la Société, un mémoire sur la question des *Voies navigables.*

De M. Frion, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur un *Niveau à réfraction.*

De M. Walther Meunier, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur le *Graissage à action continue pour cylindre de machines à vapeur*, système Consolin.

De M. Trélat (Émile), membre de la Société, un exemplaire de son *Discours prononcé à la Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle.*

Du Ministre de l'Agriculture et du Commerce, un exemplaire des huit derniers volumes des *Comptes rendus sténographiques des Congrès et Conférences de l'Exposition universelle de* 1878.

De M. Mathias (Ferdinand), membre de la Société, la photographie

d'une *Machine déraillée et le procédé employé pour la relever à l'aide des appareils de wagon de secours.*

De M. Yvon-Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur l'*Application de la Théorie des Sinus des ordres supérieurs à l'intégration des équations différentielles linéaires.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Barba,	présenté par	MM. Bouvard, Charbonnier et Schneider.
	Beaudet,	—	Desgrange, Gottschalk et Moreaux (Félix).
	Bonnet,	—	Carimantrand, Gottschalk et Marché.
	Barret,	—	Gottschalk, Mathieu et Rey.
	Boudier,	—	Gottschalk, Mallet et Quéruel.
	Bougault,	—	Macherez, Moreaux (Félix) et de Puylaroque.
	Bouniol,	—	Gottschalk, Kremer et Mallet.
	Bouillette,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Brabant,	—	Gottschalk, Jordan et Marché.
	Bravet,	—	Carimantrand, Cahen-Strauss et Mallet.
	Broca,	—	Armengaud jeune, Ivan Flachat et Regnard.
	Brion,	—	Contamin, Jordan et Regnard.
	Cail (Alfred),	—	Gottschalk, Mallet et Marché.
	Camoin,	—	Anceau, Bodin et Lequeux.
	Caplen,	—	Forquenot, Hallopeau et Rey.
	Carette,	—	Carette (L.), Ermel et Muller (Émile).
	Cazaubon,	—	Barrault, de Comberousse et Armengaud.
	Chanove,	—	Cotard, Gottschalk et Marché.
	Chasles,	—	Carette, Herscher et Morandiere.
	Edoux,	—	Gottschalk, de Comberousse et Ivan Flachat.
	Faure,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Fournier,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Galtié,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Gatget,	—	Gottschalk, Molinos et Desgrange.
	Godillot,	—	Barrault, Demimuid et de Comberousse.
	Groselier,	—	Elwell, Guillemin et Faliès.
	Guitton,	—	Després, A. Lecocq et Parent.
	Kapteyn,	—	Belpaire, Boutmy et Morandiere.
	Komar,	—	Carimantrand, Guillemin et Nabiélak.
	Latour,	—	Ivan Flachat, Rey et Vallot.
	Legenisel,	—	Armengaud aîné, Delage et Guillemin.
	Mathelin,	—	Desgrange, Gottschalk et Moreaux (Félix).

MAUGER, présenté par MM. Bodin, Casalonga et Lannoy.
MONGOLFIER, — Carimantrand, Mallet et Marché.
MORPAIN, — Bourry, Delaporte et Lepany.
NOEL, — Barrault, Demimuid et de Comberousse.
PANHARD, — Brocchi, Levassor et Michaud.
PICK, — De Comberousse, Degousée et Regnard.
QUILLEVERI, — Barrault, de Comberousse et Demimuid.
RAULY, — Doat, La Vallée Poussin et Lenique.
RENARD, — Carimantrand, Mallet et Marché.
ROBINEAU, — Carimantrand, Mallet et Marché.
RYMKIEWIEZ, — Delaporte G., Lepany et Richou.

Comme Membres Associés :

MM. BALTUS, présenté par MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
D'EICHTHAL, — Gottschalk, Jordan et Mathieu.
DELAMARE, — Armengaud jeune, Ivan Flachat et Regnard.
LAMBERT, — Cornaille, Chevalier et Rey.

RAPPORT

SUR LES

HABITATIONS OUVRIÈRES

EXPOSÉES EN 1878

PAR E. CACHEUX.

PREMIÈRE PARTIE

Habitations ouvrières exposées dans les annexes du Palais du Champ de Mars.

Une collection très remarquable de documents concernant les habitions ouvrières a été exposée au pavillon du Ministère de l'intérieur. Nous y avons tous vu les petits modèles qui représentent les habitations ouvrières du Havre, de Bolbec, et des dessins très variés de maisons d'ouvriers.

Nous avons reproduit, M. Muller et moi, planche 66 de l'ouvrage dont nous avons eu l'honneur de remettre un exemplaire à la Société, les maisons du Havre, et on trouvera dans les trente premières planches, consacrées aux habitations françaises, presque tous les types exposés au pavillon du Ministère de l'intérieur. Je viens, à l'aide de quelques croquis et d'une courte description, faire apprécier la distribution et la forme architecturale des autres maisons.

Le premier type dont nous nous occuperons est celui de Bolbec. C'est une habitation à rez-de-chaussée, construite en briques et contenant une salle commune, quatre chambres à coucher, privés et bûcher.

La construction est au milieu d'un jardin clos de murs. Nous en donnons un croquis (Pl. 2, fig. 1). On remarquera la porte-fenêtre, servant d'entrée dans la salle commune. On a placé une fenêtre de chaque côté de la porte d'entrée pour donner du jour à la pièce ; d'après nos informations particulières les habitants n'aiment pas beaucoup cette disposition par suite du peu de place qu'elle laisse pour les meubles.

Un deuxième type de maison à rez-de-chaussée est présenté par M. Latour, *Liancourt* (Oise). La maison comprend un vestibule et quatre pièces. Nous en donnons le croquis (fig. 2).

Un troisième et un quatrième type sont donnés par MM. Peugeot, d'Audincourt. Ces messieurs construisent pour leurs ouvriers :

1° Des maisons groupées par deux comprenant au rez-de-chaussée deux pièces et cuisine, et deux chambres mansardées à l'étage.

2° Des maisons groupées par quatre, d'après le système de M. Muller, contenant deux pièces au rez-de-chaussée; à l'étage, une chambre mansardée et un grenier.

Nous donnons un croquis de ces types (fig. 3).

Un cinquième type très original est fourni par M. Fanien, à Lillers. Cet honorable industriel construit quatre types pour loger ses ouvriers, en adoptant la disposition généralement employée dans le Nord, qui consiste à grouper les maisons en ligne, à leur donner le moins de façade possible sur rue et à placer la cour derrière la maison. M. Fanien a réduit la largeur de son type le plus économique à $2^{m},95$ entre murs; nous signalons ces constructions comme curiosité et nous donnons les croquis des types extrêmes (fig. 4).

Comme types de cités ouvrières, nous avons remarqué les habitations ouvrières de la maison Mame, de Tours. Elles sont groupées de façon à donner à chaque ménage un logement bien séparé et à former, par leur ensemble, un vaste bâtiment placé au milieu d'un jardin anglais. Nous n'avons pas jugé à propos de reproduire cette disposition, pas plus que celle des maisons d'ouvriers des forges de Commentry et de Châtillon, car le groupement des habitations est trop dépendant des circonstances locales, pour qu'on puisse s'imposer un arrangement à l'avance.

Une deuxième collection de dessins d'habitations ouvrières a été

réunie dans le bâtiment d'exploitation des mines. On y remarquait les maisons des mineurs :

1° d'Anzin;
2° de Béthune;
3° de Ferfay et de Bures;
4° de Lens;
5° de Vicoigne;
6° d'Aniche.

Nous avons donné les plans des habitations ouvrières d'Anzin, de Béthune et de Lens; dans notre ouvrage on trouve tout ce qui concerne ces maisons, nous n'avons pas parlé des autres parce qu'elles n'en diffèrent pas sensiblement. Nous ferons une exception toutefois pour les habitations des mineurs d'Aniche, dont le *Moniteur des architectes* (année 1872) a donné des dessins très complets. Nous n'avons pas décrit ces habitations parce que leur groupement seul est curieux. On a disposé plusieurs de ces maisons par trois et on a transformé le rez-de-chaussée de celle du milieu en boutique. Nous n'aimons pas beaucoup les boutiques dans des villages composés uniquement d'ouvriers, car il serait facile de supprimer les frais auxquels elles entraînent en installant des magasins généraux où l'on vendrait en détail, au prix du gros, tout ce qui est nécessaire aux travailleurs. Dans le pavillon spécial du Creuzot nous avons remarqué le plan général de la cité industrielle fondée par M. Schneider. Elle compte aujourd'hui 26 400 habitants. L'administration du Creuzot a exposé deux types de maisons ouvrières. Le premier sert à loger un contremaître, le deuxième est habité par des ouvriers. En général on ne construit plus au Creuzot de maisons pour les ouvriers; on préfère leur avancer de l'argent pour qu'ils construisent à leur guise. A la bibliothèque de la Société des Ingénieurs civils, on trouve beaucoup de documents concernant les habitations ouvrières du Creuzot et les dessins complets des types de Laissey et de Mozenay, que M. Schneider citait comme modèles il y a une dizaine d'années. Planche 14 de notre ouvrage, on trouve les plans détaillés de la maison à rez-de-chaussée dont le Creuzot avait exposé un modèle. Avant de quitter le Champ de Mars, nous dirons quelques mots des deux cottages anglais construits dans le parc par M. Lascelles, de Londres, suivant son système de construction qui lui a valu une médaille d'or à l'Exposition de 1878.

Ce système consiste à faire une carcasse de maison avec des bois du commerce. Sur cette carcasse on fixe avec des vis des plaques formées d'un mélange de ciment, de scories et de cendres. Les planchers et la toiture sont faits de la même façon. Nous avons donné dans notre ouvrage une description plus détaillée de ce système plus bizarre que pratique, et nous n'en conseillons pas l'emploi.

DEUXIÈME PARTIE

Habitations ouvrières exposées dans le Palais du Champ de Mars.

Nous avons remarqué, dans la section française, des petits modèles représentant les maisons ouvrières de MM. Dupont et Dreyfous, celles de MM. Japy frères, à Beaucourt, et les dessins des habitations ouvrières : 1° de Blanzy; 2° de Noisiel; 3° des immeubles industriels du faubourg Saint-Antoine.

Nous avons reproduit dans notre ouvrage toutes ces habitations, à l'exception de celles de MM. Dupont et Dreyfous qui ne présentent aucun caractère saillant.

Dans la section belge nous avons trouvé des petits modèles exposés par la Société des charbonnages du Hasard, et représentant l'hôtel Louise de Micheroux et un groupe de quatre maisons avec cour intérieure. Nous en donnons la disposition (fig. 5). La société avait commencé par faire plusieurs groupes de ces habitations; elle eut de la peine à les louer malgré le bas prix auquel elle les offrait. Les ouvriers préféraient habiter la ville la plus voisine de l'usine, parce que leurs ménagères y trouvaient des vivres à meilleur marché. Nous donnons cette disposition parce qu'elle est fort appréciée en Belgique, par suite de la création de cours intérieures, où la femme de l'ouvrier peut s'occuper des travaux du ménage à l'abri des regards indiscrets. Nous ne pouvons trop nous élever contre l'usage de courettes intérieures, car nous y avons toujours reconnu la présence de foyers

d'infection. Nous avons décrit, dans notre ouvrage sur les habitations ouvrières, l'hôtel Louise; c'est en résumé un vaste hôtel où l'ouvrier est logé pendant six jours de la semaine. Il passe le septième dans sa famille qui habite la ville ou les villages voisins. Grâce aux distractions que l'ouvrier trouve dans l'hôtel, il s'accommode assez facilement de sa vie nomade.

Les dessins représentant les maisons d'ouvriers de Marcinelle et Couillet, et celles des hauts fourneaux d'Ougrée sont très intéressants, mais ces maisons rentrent dans les types d'habitations ouvrières belges que nous avons décrits dans notre ouvrage, avec tous les détails que nous avons pu nous procurer, grâce à l'obligeance de M. A. Hauzeur, architecte à Liége, et de M. Limauge, directeur de la Société des habitations ouvrières de Bruxelles.

Dans la section autrichienne nous avons remarqué divers spécimens d'habitations ouvrières servant à loger les employés de la société IRP. Grâce à l'obligeance de M. Gottschalk, nous avons pu reproduire les types principaux dans notre ouvrage sur les habitations ouvrières.

Quelques Compagnies de chemins de fer d'intérêt local ont donné dans leurs albums les habitations de leurs employés, mais elles ne présentent aucun intérêt.

Dans la section hollandaise nous n'avons trouvé qu'un seul spécimen d'habitation ouvrière. C'est un grand bâtiment à étages divisé en logements de deux pièces et cuisine. Dans notre recueil nous avons reproduit plusieurs types des nombreuses habitations ouvrières construites en Hollande.

Dans la section italienne nous n'avons pas trouvé trace des nombreuses sociétés qui ont pour but de construire des habitations ouvrières; nous avons consacré une planche de notre ouvrage aux maisons à étages de Florence et de Turin. Nous n'avons pas reproduit les bâtiments à cinq étages, construits à Gênes aux frais de madame la duchesse de Galliera, sous l'habile direction de l'architecte César Parodi, quoique les plans aient été exposés dans la section italienne avec la dénomination d'habitations ouvrières. La raison en est que ces logements, très vastes et très spacieux, sont destinés à loger des personnes méritantes qu'une gêne momentanée empêche de payer leurs loyers. L'œuvre de madame la duchesse de Galliera rentre dans la catégorie des œuvres de bienfaisance, nous n'avons donc pas à l'apprécier.

TROISIÈME PARTIE

Habitations ouvrières exposées au Trocadéro.

Une très intéressante collection de produits algériens a été exposée dans les spécimens des trois types d'habitations qui servaient le plus généralement à loger les émigrés Alsaciens-Lorrains. Les trois maisons exposées, construites par les soins du comité d'Alsace-Lorraine, chargé d'installer en Algérie nos malheureux compatriotes, dérivent d'un type unique à rez-de-chaussée qu'on surélève soit de moitié, soit entièrement pour obtenir les deux autres.

Nous avons consacré la planche 7 de notre ouvrage sur les habitations ouvrières à la reproduction de ces trois types, d'après lesquels on a construit le village d'Azib-Zamoum, situé dans la province d'Alger.

Une autre maison, grandeur d'exécution, a été exposée par M. Hugedé. Cette construction en panneaux de plâtre creux, dénommés aérifères et dits hygiéniques par leur inventeur, attirait beaucoup les regards par suite des annonces qui couvraient ses murs. Nous en parlerons non à cause du système de sa construction, que nous n'avons pas à apprécier ici, mais à cause de l'offre que faisait le constructeur, d'établir une maison pareille au prix de 1,200 fr. La modicité de ce prix pourrait induire plusieurs personnes en erreur, car il ne comprend pas le prix de la cave, celui de la fosse d'aisance, « qui est de 600 fr. à Paris, pour satisfaire aux ordonnances de police, » ni les frais de terrasse, de viabilité, de clôture, etc., qui doublent quelquefois le prix d'une petite habitation. Au premier examen, on croit avoir trouvé un système de construction économique, mais il suffit d'un peu d'attention pour voir qu'avec les matériaux ordinaires on obtiendrait un bâtiment identique à meilleur compte.

Dans le bâtiment du génie civil, *classe* 66, nous avons remarqué des maisons plus économiques.

Un petit modèle d'une maison composée de deux pièces et d'une

étable a été exposé par M. Hartmann. Cette habitation construite en Alsace, avec les matériaux du pays, revient à 800 fr. Son prix minime en est le seul mérite.

Un modèle d'une maison plus complète a été présenté par M. Duthoit, propriétaire de vastes terrains au Raincy. Cette habitation composée de trois pièces, d'une cuisine, de privés et d'un petit réduit servant de bûcher, est à rez-de-chaussée, et est vendue moyennant un payement annuel de 250 fr. pendant 10 ans, ce qui représente un prix de vente de 2,000 fr. environ. Malgré le groupement par quatre de ces maisons suivant le système de M. Muller, qui permet d'économiser un mur sur quatre, nous ne comprenons pas qu'on puisse les établir aux environs de Paris, au prix de 2,000 fr., car en calculant leur prix de revient à l'aide de la série de prix de la ville de Paris, j'ai trouvé le chiffre de 4,000 fr. La construction coûtant généralement plus cher aux environs de Paris que dans la ville même, on comprendra pourquoi je n'insiste pas plus longuement sur l'exposition de M. Duthoit.

Les dessins d'habitations ouvrières exposés dans les pavillons du génie civil ont été assez nombreux, Nous avons remarqué les dessins d'exécution de la manufacture de Solvay, et les maisons à un étage de la manufacture de Briare, appartenant à M. Bapterosses. . .

D'après les dessins exposés, les ouvriers sont bien logés, mais leurs logements ne présentent rien de particulier; nous n'en parlerons pas autrement et nous ne dirons rien non plus de la cité d'Épernay construite par M. Jémot, et composée de 90 maisons assez mal distribuées, ni de la cité industrielle établie à Paris, par M. le baron de Jœst. Cette cité n'est en résumé qu'une agglomération de maisons dont les étages sont divisés en petits logements, et dont les rez-de-chaussée sont loués à de petits fabricants.

Nous ne décrirons pas les maisons à rez-de-chaussée de la Société coopérative de Coulommiers. Il suffit de dire qu'elles sont convenables et que leur prix de 3,000 fr., payable par quatorze annuités de 300 fr., permet de les vendre facilement à des ouvriers. Nous avons été très heureux de constater le succès de la Société coopérative de Coulommiers ; ses progrès sont lents mais certains, et nous ne pouvons qu'engager les autres communes de France à suivre l'exemple qu'elle donne.

Nous avons aussi remarqué un modèle de maison à cinq étages avec plans à l'appui, exposé par M. Harlingue, architecte expert, pour nous faire savoir qu'il peut construire des habitations de ce genre, en

employant des matériaux de démolition, à raison de 480 fr. le mètre carré, et faire produire de 7 à 8 pour 100 d'intérêt à l'argent ainsi dépensé.

Nous signalons ce point, car, après avoir étudié à fond les habitations ouvrières parisiennes, nous ne croyons pas qu'en donnant à chaque famille un logement composé de trois pièces et cuisine, avec privés et dépendances, on puisse retirer plus de 4 pour 100 net de l'argent consacré à leur établissement, à moins de faire de la spéculation.

Cette remarque me dispense de critiquer la distribution de la maison de M. Harlingue, et le loyer qu'il espère en tirer.

Parmi les plans exposés par les architectes ayant obtenu des médailles d'or, nous citerons :

1° Les plans des habitations ouvrières de Reims, dus à M. Gosset, et que nous avons reproduits dans notre ouvrage;

2° Les plans des habitations ouvrières construites route de Charenton, par M. Blondel. J'ai construit aux Lilas quatre habitations d'après ce type, nous en donnons les plans détaillés dans notre ouvrage.

Avant de passer à l'exposition de MM. Muller et Cacheux, je dirai quelques mots des systèmes de construction Tollet et Ferrand, qui ont valu à chacun de ces messieurs, une médaille d'or. M. Tollet fait la carcasse de ses maisons avec de petites fermes ogivales en fer très léger, et il remplit les vides avec de la brique. M. Ferrand fait reposer ses constructions sur des colonnes creuses en fonte ou sur des poutres en treillis. Dans le premier cas, il fait les remplissages avec des briques creuses spéciales, dans le second il construit généralement des murs creux à double paroi en ayant soin d'employer de la brique pour la paroi extérieure et des carreaux de plâtre pour la paroi intérieure. Dans les deux cas, la couverture est faite avec des tuiles placées sur des petits fers cornières très légers. Nous avons décrit ces deux systèmes dans notre ouvrage, et nous avons consacré une planche aux plans de deux habitations économiques construites d'après ces systèmes et livrées, clefs en mains, à raison de 2,000 et de 3,000 fr.

J'arrive à l'exposition de MM. Muller et Cacheux composée d'un livre dont les planches donnent les plans d'exécution, ainsi que les détails de construction, d'une centaine d'habitations ouvrières, et dont le texte renferme tout ce que M. Muller a pu trouver d'intéressant concernant les cités ouvrières pendant trente années de recherches, et ce que j'ai

pu découvrir dans le cours de trois années consacrées entièrement à la collaboration de l'ouvrage que nous avons l'honneur de vous présenter.

Nous avons aussi exposé des plans d'exécution de cinq types d'habitations ouvrières que nous comptons établir à Paris, et de trois types que j'ai construits aux Lilas pour faire voir la possibilité de construire des maisons ouvrières dans Paris, de les vendre de façon à retirer 4 à 5 pour 100 net de son argent, en suivant la méthode employée par les building, sociétés anglaises que nous avons décrites dans un chapitre spécial de notre ouvrage.

J'ai loti un terrain de 9000 mètres. J'ai construit une vingtaine de maisons et je les ai vendues moyennant un payement annuel de 600 francs pendant quinze ans. J'ai vendu tout le reste de mon terrain en avançant aux acquéreurs la moitié de l'argent dépensé pour y faire des constructions, et j'ai ainsi utilisé tout mon terrain. J'ai retiré 5 pour 100 de mes avances; donc une société faisant les mêmes opérations, pourrait distribuer 4 pour 100 de dividendes à ses actionnaires, car en pratique les frais d'administration d'une petite société s'élèvent à 1 pour 100 du fonds social mis en circulation.

Mon succès peut être expliqué :

1° Par le prix de revient peu élevé des maisons;

2° Par l'absence de frais d'actes et par la simplicité des opérations, car j'ai toujours traité avec baux sous seing privé et promesse de vente.

En résumé, j'ai vendu 9000 mètres de terrain au prix moyen de 15 francs le mètre (prix que m'offrait la commune pour acheter le tout en bloc), j'ai payé mes constructions conformément aux prix établis dans la série de prix de la ville de Paris, et malgré ces circonstances défavorables j'ai rendu propriétaires une trentaine d'ouvriers et petits employés.

Or à Paris on trouve du terrain à raison de 10 francs le mètre, les entrepreneurs faisant jusqu'à 15 pour 100 de rabais sur la série de prix de la ville de Paris, et certes beaucoup de personnes placeraient avec plaisir leur argent au taux de 4 pour 100 l'an, s'il devait être employé à améliorer les logements d'ouvriers à Paris, dont tout le monde connaît l'état généralement déplorable. A ce sujet, je me fais un plaisir d'être indiscret en vous disant qu'il existe un projet de

société, ayant pour but de construire à Paris et aux environs des habitations ouvrières, dont les ouvriers pourront se rendre propriétaires.

Nous croyons que cette société rendra d'immenses services, car l'achat d'une petite maison par annuités est un des meilleurs placements que l'ouvrier puisse faire de ses économies. En effet, l'annuité payée pour devenir propriétaire d'une habitation ouvrière diffère très peu d'un loyer ordinaire, et chaque acompte versé diminue cette annuité de 10 pour 100, dans le cas où elle doit libérer l'acquéreur en quinze ans. Donc chaque remboursement anticipé équivaut à un placement à 10 pour 100 l'an.

ÉTUDE

SUR LA QUESTION

DES

VOIES NAVIGABLES

PAR M. CH. COTARD.

Au moment où s'agitent et se discutent toutes les questions relatives au mode de construction et d'exploitation des chemins de fer, dont on projette d'accroître le réseau dans des proportions si considérables, il ne paraîtra pas inutile de présenter quelques considérations et quelques données concernant les voies navigables et d'examiner la part que les transports par eau peuvent être appelés à prendre dans le développement de notre circulation intérieure.

Nous comparerons, dans ce but, les canaux aux chemins de fer, aux divers points de vue du coût d'établissement, et des dépenses d'entretien et d'exploitation; et nous chercherons à apprécier la puissance de ces deux instruments de transport ainsi que leur importance économique.

Nous nous proposons aussi de montrer que la question des tarifs et du rachat des chemins de fer par l'État est étroitement liée à celle des canaux, qui, seuls, peuvent permettre, à la fois, de multiplier les voies de communication tout en réduisant les prix moyens de transport.

Coût d'établissement. — L'étude historique et statistique sur les voies de communication de la France, publiée, en 1873, par M. Félix Lucas, Ingénieur des ponts et chaussées, d'après les documents officiels, fournit les données suivantes :

La longueur des voies navigables, réellement fréquentées par la batellerie, était en 1870 de 11,088 kilomètres, savoir :

Canaux.	4,754 kilom.
Rivières canalisées.	3,323
Rivières non canalisées. . . .	3,011
Total.	11,088 kilom.

Le montant total des dépenses faites pour la création de cet ensemble de voies navigables s'élevait, au 31 décembre 1870, à la somme de 1,183,157,000 fr. y compris les frais d'entretien courant et les grosses réparations.

Cette somme se décompose ainsi qu'il suit :

Canaux proprement dits.	785,862,000 fr.
Rivières canalisées.	249,810,000
Rivières non canalisées.	147,485,000
Total.	1,183,157,000 fr.

Ce qui donne comme coût kilométrique :

Pour les canaux.	165,300 fr.
Pour les canalisations de rivières. . .	75,200
Pour les améliorations de rivières non canalisées.	49,000
En moyenne, pour les 8,077 kilomètres de canaux et rivières canalisées.	125,000
Et pour l'ensemble des 11,088 kilomètres de voies navigables.	106,700

D'après les documents les plus récents du Ministère des travaux publics, la longueur des voies navigables, en 1877, serait de 11,452 kilomètres. La longueur de voies construites ou aménagées de 1870 à 1877 aurait donc été de 344 kilomètres. Sans connaître exactement la répartition de cette longueur supplémentaire, ni le surplus de dépense qui lui incombe, on peut admettre que ce faible accroissement de réseau ne change pas sensiblement les prix moyens qui viennent d'être indiqués.

La somme prévue par M. le Ministre des travaux publics, dans son

Exposé des motifs du mois de janvier 1878, pour l'amélioration des voies navigables existantes, est de 450 millions de francs, et l'article 2 du projet de loi fixe ainsi qu'il suit les dimensions que devront avoir, au minimum, les lignes principales :

Profondeur d'eau.	2m,00
Largeur des écluses.	5m,20
Longueur des écluses entre la corde du mur de chute et l'enclave des portes d'aval. . . .	38m,50

La somme de 450 millions, qui se trouve être répartie à peu près proportionnellement entre les diverses voies navigables, représente une dépense supplémentaire d'environ 40,000 francs par kilomètre, qui doit être ajoutée au prix ci-dessus indiqué.

On obtient ainsi comme coût moyen d'établissement des voies actuelles améliorées :

Pour les canaux proprement dits.	205,300 fr.
Pour les canaux et les rivières canalisées. .	165,000
Et, enfin, pour l'ensemble des voies navigables.	146,700

En ce qui concerne les lignes nouvelles à construire, on trouve, dans le rapport du mois de juin 1879 de la Commission parlementaire, que les sommes affectées aux canaux projetés font ressortir le kilomètre des lignes principales nouvelles au prix moyen de 213,000 francs.

Il est intéressant de comparer ces prix à ceux de quelques canaux construits dans d'autres pays.

Aux États-Unis, dans l'État de New-York, les canaux de Chemong, du lac Croked, du Chenango, de la rivière Black, et de la vallée Genesee, d'une longueur totale de 524 kilomètres et de dimensions analogues aux nôtres, n'ont coûté que 130,000 francs par kilomètre. Mais d'autres canaux, ceux Erié, Champlain, Oswego, Cayuga et Seneca ont coûté beaucoup plus à cause des agrandissements apportés après coup à leurs dimensions. Les sommes dépensées sur ces canaux, d'un développement de 768 kilomètres, ont été de 255,148,625 francs, soit de 333,000 francs par kilomètre.

Il est à supposer que si ces canaux avaient été tout de suite exécutés à leurs dimensions définitives, leur coût d'établissement eût été beaucoup moindre. On doit observer, de plus, que les dimensions de ces

grands canaux américains, qui ont 2m,13 de profondeur et 17 mètres de largeur au plafond, dépassent sensiblement celles ordinairement en usage.

M. Krantz, dans son rapport à l'Assemblée nationale du mois d'août 1872, admet comme prix moyen des canaux construits ou à construire le chiffre de 180,000 francs.

En se basant sur ces différentes données, il semble raisonnable d'admettre que le coût de canaux établis dans de bonnes conditions et d'après les nouveaux types adoptés, ne doit pas dépasser un prix moyen maximum de 250,000 francs, y compris les intérêts des capitaux pendant la construction.

Ce prix s'applique d'ailleurs à des canaux proprement dits, destinés à former des lignes principales; il serait trop élevé pour un ensemble de voies navigables comprenant des rivières canalisées, dont le coût d'établissement est généralement moindre.

Cherchons maintenant à établir le prix moyen des chemins de fer.

D'après l'étude déjà citée de M. Lucas, les dépenses totales faites ou restant à faire au 1er janvier 1870 par les Compagnies, par l'État, les départements, communes ou autres intéressés, sur les 21,987 kilomètres de lignes concédées à cette date, s'élevaient à 10,138,500,000 fr.

Ces chiffres, qui sont également reproduits dans l'ouvrage de M. Maurice Block, sur la statistique de la France, donnent comme moyenne générale de la dépense faite par kilomètre de voie ferrée, le chiffre de 461,113 francs.

Des documents officiels plus récents, publiés par le ministère des travaux publics, en 1879, fournissent les chiffres suivants, qui conduisent à une moyenne un peu moindre.

D'après ces documents, les dépenses totales faites au 31 décembre 1876 pour la construction d'un ensemble de 20,284 kilomètres exploités à cette date, ont été de 9,002,558,293 francs.

Ces dépenses, auxquelles ont contribué l'État pour 14,6 pour 100, les Compagnies pour 85 pour 100, et divers pour 0,4 pour 100, se décomposent ainsi qu'il suit :

Ancien réseau. . . .	9,513 kil.	à	516,000 fr.	4,913,000,000 fr.
Nouveau réseau. . .	8,801	à	397,000	3,515,000,000
Ceinture rive droite. .	20	à	1,119,000	22,381,000
Compagnies diverses. .	1,950	à	283,000	552,000,000
Totaux. . . .	20,284 kil.		445,000 fr.	9,002,381,000 fr.

Le chiffre de 445,000 francs qui représente le coût moyen exact de tous les chemins de fer exploités, en France, à la fin de 1876, comparé au prix de 205,300 francs qu'aura coûté le kilomètre de nos canaux améliorés, justifie l'opinion exprimée par M. Graeff, inspecteur général des ponts et chaussées, dans son Étude sur la construction des canaux et des chemins de fer, que la dépense d'un chemin de fer est à la dépense d'un canal construit dans les mêmes conditions, dans le rapport de 3 à 2 au moins, et cela sans compter la dépense du matériel roulant, qui augmente encore notablement cette proportion.

On a beaucoup parlé, dans ces derniers temps, de la possibilité d'établir des chemins de fer à des prix très inférieurs à ceux des lignes qui ont été construites jusqu'à présent.

En attendant que l'expérience soit venue justifier cette opinion, on peut observer que les 1,950 kilomètres construits et exploités par diverses Compagnies au 31 décembre 1876, en dehors des grands réseaux, ont coûté en moyenne 283,000 fr. et que sur ces 1,950 kil., il n'y a que cinq lignes, d'une longueur totale de 436 kilomètres seulement, dont le prix d'établissement ait été inférieur ou égal à 200,000 francs.

Si donc on opposait aux prix moyens indiqués plus haut, celui de quelques lignes d'un prix exceptionnellement bas, il conviendrait alors de considérer que, dans l'ensemble du réseau des voies navigables, et en dehors même des rivières canalisées, dont le prix moyen n'a été que 75,200 francs, un assez grand nombre de canaux, formant ensemble une longueur de près de 500 kilomètres, n'ont coûté que 75,000 francs le kilomètre, et que ce chiffre, augmenté même des 40,000 francs de dépenses prévues pour les travaux d'amélioration, ne donne qu'un prix de 115,000 francs, qui reste encore, par rapport aux voies ferrées les moins chères, dans la proportion de prix qui vient d'être indiquée.

Frais d'entretien. — Les frais d'entretien sur les canaux peuvent être évalués au maximum à 1,800 francs par an et par kilomètre.

Pendant toute la période comprise entre 1839 et 1868, les frais d'entretien des canaux de l'État, y compris même les grosses réparations, n'ont été que de 1,431 francs.

Il est certain que ces canaux sont assez mal entretenus, mais leur

mauvais état de navigabilité provient surtout des imperfections de leur construction et de l'insuffisance de leurs dimensions.

Le chiffre de 1,800 francs peut donc être considéré comme un maximum, qui ne sera pas atteint sur des canaux améliorés ou établis dans de bonnes conditions.

Cette dépense d'entretien est bien inférieure à celle qu'exigent les voies ferrées.

Pendant l'année 1878, les dépenses d'entretien, de surveillance et de renouvellement de la voie sur l'ensemble des réseaux des grandes Compagnies, ont été de 104,953,840 francs, pour un ensemble de 18,244 kilomètres, soit de 5,750 francs par kilomètre.

Frais d'exploitation et de traction. Pour déterminer le prix de revient du transport sur les voies navigables, on ne saurait sans commettre une grosse erreur, prendre pour base les prix payés sur beaucoup de canaux où la navigation se fait dans des conditions absolument défectueuses et que les travaux projetés ont précisément pour but d'améliorer; aucune comparaison ne pourrait, dans ce cas, être utilement établie entre des voies à peine navigables, et les chemins de fer qui sont arrivés à une exploitation très perfectionnée.

Pour que le rapprochement entre les chemins de fer et les canaux soit juste, dit M. le Ministre dans son Exposé des motifs, il faut les envisager là où ils se trouvent dans des conditions analogues, comme dans la région du Nord, où le meilleur état des lignes navigables a permis aux canaux d'atteindre un trafic comparable à celui des chemins de fer.

Examinons donc à quel prix les transports sur les canaux du Nord s'effectuent.

Actuellement, le fret de Lens à Paris est de 6 fr. 50 par tonne de houille pour un parcours de 350 kilomètres, ce qui donne 1c,85 par tonne kilométrique.

Si nous en déduisons les droits de navigation, dont nous n'avons pas à tenir compte, puisque nous cherchons à déterminer le prix de revient réel du transport, nous arrivons à 1c,6.

Ce prix, qui comprend le bénéfice du transporteur, est trop élevé, car il est grevé de frais spéciaux de touage et de pilotage, de Conflans jusqu'à la Villette, qui sont presque égaux à la totalité des frais de traction sur le reste du parcours. Il faut aussi considérer que le prix

ci-dessus est celui d'une exploitation encore fort mal organisée. La réduction qui pourrait y être apportée, est donc très notable.

M. Molinos, dans son intéressant ouvrage sur la *Navigation intérieure de la France*, examine à ce point de vue la dépense d'un bateau de 260 tonnes pour un voyage de Mons à Paris, et arrive à cette conclusion, que le prix de revient de la tonne kilométrique, transportée sur des canaux bien construits et bien exploités, ne doit pas dépasser un centime.

Les données recueillies par M. l'Ingénieur en chef Malezieux, dans sa mission aux États-Unis, et qui ont été résumées dans une brochure de M. Edmond Badois, conduisent à une conclusion analogue.

Dans un rapport présenté en 1853, par M. Mac Alpine, Ingénieur en chef des canaux de l'État de New-York, on trouve que le prix payé par tonne et par kilomètre sur le canal Erié est, en dehors des droits de navigation, de 1^{c},2. De plus, les Ingénieurs américains ont établi que, moyennant de nouvelles améliorations dans les canaux, ce prix pourrait encore être abaissé de moitié; et, en effet, M. Gottschalk a indiqué, dans son discours de Présidence, que l'année dernière, en 1879, la navigation a transporté le blé de Chicago à New-York au prix de un demi-centime par tonne et kilomètre. C'est à ce chiffre qu'arrive également M. Finet dans son étude sur l'*Exploitation des Canaux et des Voies navigables*.

Il résulte de ces différents chiffres, que le prix de transport sur des canaux de bonnes dimensions et convenablement organisés peut être fixé au maximum à un centime et quart, et que ce prix est certainement très supérieur à celui qui serait obtenu sur des canaux à grande section avec des moyens d'exploitation et de traction perfectionnés.

Le coût du transport sur les voies ferrées est beaucoup plus élevé.

D'après les calculs établis par M. Lejeune, dans l'intéressante communication qu'il a présentée à la Société, à la séance du 19 mars, le prix de revient moyen du transport de l'unité kilométrique sur l'ensemble des réseaux des six grandes Compagnies est de 3^{c},25.

Le prix qu'il s'agit de comparer au coût de la tonne transportée sur les canaux est celui de l'unité kilométrique en petite vitesse. Or, il se trouve que le prix de revient moyen de l'unité en petite vitesse est un peu supérieur à celui de l'unité en grande vitesse où le voyageur est compté pour une tonne, ce qui s'explique par ce fait que le poids brut

transporté par unité est de 2,70 tonnes en petite vitesse, tandis qu'il n'est que de 1,43 tonne en grande vitesse. Il en résulte que le prix moyen de 3^{c},25 peut, tout au moins, être considéré comme le prix moyen de la petite vitesse et servir de base pour établir le coût sur les chemins de fer des transports de même nature que ceux qui se font sur les canaux.

On a cherché à opposer à ce prix moyen de 3^{c},25 des prix très bas obtenus dans des cas spéciaux avec de très grands trains marchant à pleine charge à l'aller et au retour et parcourant de grandes distances. Il faudrait alors leur comparer des transports sur canaux dans des conditions également exceptionnelles dont le prix serait aussi tout à fait minime. On ne peut faire de comparaison utile qu'en considérant des transports effectués, sur les chemins de fer aussi bien que sur les canaux, dans des conditions moyennes, telles qu'elles se présentent dans la pratique.

On a dit aussi que les distances à parcourir pour aller d'un point à un autre, sont, en général, plus grandes pour les canaux que pour les voies ferrées et que cet allongement de parcours détruit en partie l'économie réalisée sur le transport kilométrique. Cette objection n'est applicable qu'aux voies navigables actuelles dont les tracés sont défectueux, et qui ne sont souvent reliées entre elles que par de longs détours. C'est un inconvénient qui disparaîtra à mesure que le réseau se complétera.

En ce qui concerne les lignes non comprises dans les réseaux des grandes Compagnies et dont le tonnage et le parcours moyen sont moindres, le prix de revient de l'unité de transport y est nécessairement plus élevé que le chiffre ci-dessus de 3^{c},25.

Pour ne citer qu'un exemple, on peut considérer la ligne de Vitré à Fougères, dont l'exploitation est faite avec la plus extrême économie. Il a été dépensé sur cette ligne, en 1877, 335.521^{f},44 pour un mouvement d'environ 8 millions d'unités kilométriques, ce qui donne, comme prix de revient de l'unité, 4^{c},2, non compris les frais de renouvellement du matériel roulant. Ce prix est à peu près le même que celui obtenu sur le second réseau des grandes Compagnies.

De tout ce qui précède on est amené à conclure que les canaux nouveaux ou améliorés présenteront, sur les voies ferrées actuelles, une économie kilométrique d'environ 45 pour 100 sur le coût d'établissement, de 65 pour 100 sur les dépenses d'entretien, et de 60 pour 100 sur les frais spéciaux de transport.

On verra plus loin dans quelle énorme proportion augmente cet écart quand la comparaison s'établit avec des chemins de fer à moindre trafic et à faible parcours moyen.

Il est facile maintenant, avec toutes les données ci-dessus indiquées, d'établir, pour les chemins de fer et les canaux, les prix de revient effectifs totaux des transports, en y comprenant l'intérêt du capital de premier établissement.

Considérons d'abord les réseaux du chemin de fer du Nord et des voies navigables du Nord, les seuls qui soient dans une situation à peu près comparable.

Les prix de revient actuels de l'unité kilométrique s'établissent ainsi qu'il suit :

Chemin de fer, ancien et nouveau réseau.

D'après les documents officiels de 1879, sus-indiqués, le coût moyen d'établissement du kilomètre est de. . .	462.000 fr.
Intérêts et amortissement, comptés à 5 pour 100 seulement.	23.150 fr.
Tonnage moyen en 1878.	1.275.000 unités.
Intérêts par unité.	1c,8
Prix de revient du transport de l'unité kilométrique :	
Ce prix, qui est en moyenne de 3c,25 sur l'ensemble des réseaux des six grandes Compagnies, est, d'après les calculs de M. Lejeune, de 3c,06 seulement sur le Nord, ci.	3c,06
Prix total.	4c,86

Canaux.

Le réseau des voies navigables de la région du Nord comprend environ huit cents kilomètres, dont le coût moyen a été

de.	115.000 fr.
Intérêt et amortissement à 5 pour 100. . . .	5.750
Tonnage moyen, en 1877.	950.000 tonnes.
Intérêts par unité.	0c,6
Entretien, 1500 francs pour 950.000 unités, soit..	0c,17
Frais de transport.	1c,6
Prix total.	2c,37

On voit par ce calcul, basé sur des données précises et sur les faits, que, sur des réseaux comparables situés dans une même région, le prix de revient effectif actuel de la tonne kilométrique transportée, y compris l'intérêt des capitaux de premier établissement, est moindre, de plus de moitié, sur les canaux, que sur le chemin de fer.

La différence en faveur des canaux est de 2c,49, de sorte que l'économie résultant pour le pays, de l'existence des voies navigables du Nord est, pour leur tonnage moyen de 950.000 tonnes, d'environ 23,700 francs par kilomètre, et pour l'ensemble des 800 kilomètres, de 19 millions de francs par an, ce qui représente plus de 20 pour 100 du capital de premier établissement; aussi, ce capital est-il considéré comme amorti, depuis longtemps, pour la plupart des canaux du Nord. . . .

Le bénéfice réel du pays est même bien supérieur au chiffre ci-dessus, car le trafic d'environ 800 millions de tonnes kilométriques, supérieur au tonnage en petite vitesse des anciens et nouveaux réseaux réunis de la Compagnie du chemin de fer du Nord, n'aurait sans doute pas pu être effectué, au moins en totalité, par ces mêmes voies ferrées, si les canaux n'existaient pas. C'est donc un trafic nouveau qui s'est créé, à la faveur des facilités de transport offertes par les voies d'eau, à côté des voies ferrées, sans dommage pour celles-ci et au grand profit du pays.

Si l'on considère à présent, l'ensemble de toutes les lignes des anciens et nouveaux réseaux des grandes Compagnies, on peut déterminer ainsi qu'il suit, la moyenne générale du prix de revient de la tonne kilométrique transportée par voie ferrée.

Prix moyen du kilomètre de l'ensemble des anciens et nouveaux

réseaux, résultant des documents officiels indiqués précédemment.	460.000 fr.
Intérêts à 5 pour 100.	23.000
Tonnage total, 15 milliards d'unités pour 18.244 kilomètres, soit par kilomètre.	825.000 unités.
Intérêts par unité.	2c,79
Exploitation, traction, entretien, frais généraux, etc.	3c,25
Prix total.	6c,04

Remarquons en passant que le tarif moyen perçu sur l'ensemble des chemins de fer est de 5c,7 et que, par conséquent, les voies ferrées actuelles, au degré de développement où elles sont arrivées, ne couvrent même plus leurs frais.

Le prix ci-dessus de 6c,04 est un minimum. Le prix moyen de transport augmentera, en effet, à mesure que des lignes nouvelles à moindre trafic viendront s'ajouter aux réseaux actuels.

Cette loi de l'accroissement du prix de revient de l'unité de transport en proportion inverse du tonnage et du parcours moyen, qui a été si ingénieusement formulée par M. Marché, s'est déjà fait sentir pour le second réseau, par rapport à l'ancien. Pour une réduction d'environ 72 pour 100 dans le tonnage, et de 41 pour 100 dans le parcours moyen, l'accroissement de la dépense de transport de l'unité kilométrique a été de 37 pour 100.

C'est ce qu'exprime, en d'autres termes, M. le Ministre des travaux publics dans son Exposé des motifs sur les voies navigables, en disant que les chemins de fer ont accompli jusqu'à ce jour la partie la plus fructueuse de leur œuvre.

Le prix de revient de la tonne kilométrique étant de 6c,04 sur un ensemble de voies ferrées arrivées à leur plénitude de rendement, il est intéressant de lui comparer celui de la tonne kilométrique transportée sur le réseau actuel de nos voies navigables, même dans l'état déplorable où elles se trouvent. Or, voici ce que donne le calcul :

Coût moyen du kilomètre.	106.700 fr.
Intérêts à 5 pour 100.	5.335
Tonnage moyen en 1877.	177.837 tonnes.
Intérêts par unité.	3c

Ce chiffre est trop élevé, car le capital de premier établissement de plusieurs canaux peut être considéré comme amorti. Acceptons-le, cependant.

Sans avoir de données absolument exactes sur le prix moyen du transport de la tonne kilométrique sur l'ensemble des voies navigables, on peut l'évaluer approximativement en considérant que le trafic du réseau du Nord représente, à lui seul, à peu près la moitié du trafic total et que le prix du fret n'y dépasse pas une moyenne de 1c,6 déduction faite des droits de navigation et des dépenses d'entretien.

D'après des renseignements puisés dans différentes statistiques, dans les rapports de M. Krantz, et aussi dans le *Manuel de l'Ingénieur*, de M. Debauve, les prix de transport sur les autres canaux varient, pour les principaux d'entre eux, de 1c,5 à 3 centimes, et leur moyenne peut être fixée à 2c,6.

La moyenne générale du fret sur l'ensemble des canaux sera, par conséquent, égale à celle des deux prix ci-dessus 1c,6 et 2c,6, soit de 2c,1.

La dépense d'entretien étant de 1431 francs par kilomètre, soit par tonne de 0c,8, on trouve, en récapitulant :

Intérêts du capital.	3c
Entretien.	0c,8
Frais de transport.	2c,1
Prix total.	5c,9

On arrive ainsi à cette conclusion que, même dans l'état actuel des voies navigables, le prix de revient effectif des transports par eau est un peu inférieur à celui des voies ferrées.

Hâtons-nous de dire que cette presque égalité, qui vient d'être établie entre les prix de revient de l'unité kilométrique sur les chemins de fer et sur les canaux, est absolument anormale et qu'elle résulte exclusivement des conditions tout à fait dissemblables où se trouvent ces deux voies de transport.

Il faut, en outre, considérer que le parcours moyen sur les canaux n'est que de 40 kilomètres, tandis que sur les voies ferrées celui de la petite vitesse est de 114 kilomètres. On peut se demander quel serait le prix de revient des transports en petite vitesse sur les chemins de fer si le parcours moyen y était égal à celui des canaux, c'est-à-dire réduit des deux tiers. D'après les formules de M. Marché, ce prix serait

de plus de 8 centimes sur l'ancien réseau et de 12 centimes sur le second.

On a vu d'ailleurs que dans la région du Nord où les situations sont plus comparables, les prix de transport sur les chemins de fer et sur les canaux sont dans le rapport de 2 à 1.

L'égalité de prix qui existe actuellement, sur l'ensemble des réseaux, disparaîtra donc dès que le réseau des voies navigables sera convenablement amélioré et complété. L'écart se produira à la fois par l'abaissement de la moyenne du fret sur les canaux et par l'augmentation du prix de revient de l'unité transportée sur l'ensemble des voies ferrées au fur et à mesure du développement de leur réseau. Cette augmentation qui a été de près de 40 pour 100 sur le second réseau par rapport au premier, sera énorme sur les nouvelles lignes que l'on se propose de construire.

L'Exposé des motifs concernant l'exécution et le classement de ces lignes, suppose, en effet, que la recette brute moyenne sera de 7,000 francs par kilomètre, chiffre déjà fort élevé, si on le compare à celui des dernières lignes construites. On suppose que les frais d'exploitation seront aussi de 7,000 francs, et que le coût d'établissement ne dépassera pas 200,000 francs par kilomètre.

Il n'y a aucune raison d'admettre que ces lignes coûteront moins cher que les 2,000 derniers kilomètres construits dont le coût a été, comme on l'a vu plus haut, de 285,000 francs, et personne ne soutiendra que ces lignes, surtout si elles sont construites par l'État, puissent être exécutées à un prix inférieur, en moyenne, à 250,000 fr. en tenant compte des intérêts d'argent et du déficit des premières années jusqu'à ce que le chiffre supposé de 7,000 francs soit atteint.

Dans ces conditions, la charge annuelle par kilomètre s'établit ainsi :

Intérêts du capital 250,000 fr. à 5 pour 100. .	12,500 fr.
Frais d'exploitation.	7,000
Total.	19,500

7,000 francs de recette brute donnent, au tarif moyen de 6 centimes, 117,000 unités, et, pour le prix de revient de l'unité, 16^{c},6 soit, près de 17 centimes.

On pourrait démontrer que, sur certaines lignes, le prix de revient de l'unité dépassera même ce chiffre.

Il convient, de plus, d'observer que quelque réduction qu'on admette dans le coût d'établissement du kilomètre, le prix de revient de l'unité transportée, sur des lignes à faible trafic et à petit parcours moyen, sera toujours fort élevé. Il suffit, pour s'en convaincre, de prendre encore l'exemple de la ligne de Vitré à Fougères sur laquelle, malgré un coût de construction des plus faibles et une exploitation extrêmement économique, le prix de revient réel du transport de l'unité kilométrique est cependant voisin de 10 centimes, se décomposant de la manière suivante :

Coût d'établissement.	112,500	fr.
Intérêts.	5,625	
Tonnage.	100,000	unités.
Intérêts par unité..	5c,6	
Frais d'exploitation.	4c,2	
Total.	9c,8	

Encore ce prix ne comprend-il pas les frais de renouvellement de matériel ni ceux du gros renouvellement de la voie.

On peut, en effet, à la rigueur, proportionner dans une certaine mesure, la dépense de construction et le système de voie à l'importance du trafic à desservir, mais c'est ordinairement aux dépens des frais d'exploitation qui croissent, non seulement en raison du faible trafic et du faible parcours moyen, mais aussi en raison des pentes et rampes et du rayon des courbes ; de sorte que les lignes pourront être de construction fort économique, mais à transports chers.

Ainsi donc, et pour les diverses raisons qui viennent d'être énumérées, toute extension de notre réseau de voies ferrées aura pour conséquence inévitable d'augmenter le prix de revient moyen de l'unité kilométrique.

Nous avons avancé, d'autre part, que l'amélioration et le développement de notre réseau de voies navigables produiraient un résultat complètement opposé. Il convient, pour s'en rendre compte, de considérer les conditions dans lesquelles se trouve actuellement notre navigation intérieure.

On dit que la longueur actuelle de nos voies navigables est de 11,452 kilomètres. Ce chiffre est purement nominal.

Une moitié de cette longueur est, en effet, formée par des cours

d'eau à régime irrégulier, dont la profondeur utile est inférieure à 1 mètre et descend parfois jusqu'à 30 centimètres.

Il est clair que sur cette moitié du réseau de nos voies *dites* navigables, toute circulation régulière et économique est absolument impossible.

Sur l'autre moitié du réseau, formée principalement de canaux et de rivières canalisées, la profondeur varie de 1 mètre à 2 mètres; l'influence de ce tirant d'eau plus grand, quoique inégal et insuffisant en beaucoup de points, est telle, que cette moitié du réseau absorbe, à elle seule, les dix-neuf vingtièmes du tonnage total de l'ensemble des voies navigables, c'est-à-dire 380,000 tonnes par kilomètre, tandis que sur l'autre moitié, le tonnage moyen ne dépasse pas 20,000 tonnes.

A ces différences de tirant d'eau viennent s'ajouter les inconvénients, si souvent signalés, de la disparité complète qui existe dans les sections des canaux et dans les dimensions de leurs écluses.

On conçoit combien sont nuisibles au développement de la navigation de pareilles inégalités, qui, disséminées sur une quantité de points différents, rompent tous les parcours et font que le réseau tout entier n'est plus qu'un assemblage incohérent de tronçons isolés et disparates.

Il faut encore ajouter que les groupes de voies navigables desservant les différents bassins de la France, sont à peine reliés entre eux, de sorte que les transports par eau, qui trouveraient précisément leur principale utilité dans les longs parcours, sont ainsi renfermés dans des régions de peu d'étendue et arrêtés par toutes sortes d'obstacles.

Si quelque chose doit étonner, c'est que, dans de pareilles conditions, au milieu de difficultés et de résistances de toutes sortes et avec tous les inconvénients des chômages et de pertes de temps énormes, la navigation ait pu se maintenir et arriver à fournir, sur la moitié de son réseau, le trafic considérable de 380,000 tonnes, presque égal au tonnage moyen, en petite vitesse, de l'ensemble de nos voies ferrées.

Ce résultat est d'autant plus remarquable qu'il a été obtenu comme on l'a vu précédemment, avec un parcours moyen inférieur à 40 kilomètres, tandis que le parcours moyen de la petite vitesse sur les voies ferrées est de 114 kilomètres.

Ce parcours si minime de 40 kilomètres sur les voies navigables qui devraient au contraire desservir les transports à grandes distances, est

une preuve de l'état déplorable où elles se trouvent et des impossibilités qu'elles présentent à toute circulation un peu étendue.

On ne saurait donc mettre en doute que dès que leur réseau sera amélioré et complété, le trafic s'y développera d'une manière considérable.

Examinons à ce point de vue quel résultat on peut attendre d'un premier ensemble de lignes principales constituant une sorte de premier réseau de voies navigables.

Nous avons dit que sur les 11,000 kilomètres actuels, la moitié, soit 5,500 kilomètres, étaient représentés par des cours d'eau à régime très variable et de profondeur utile inférieure à un mètre. On peut admettre que, sur cette longueur, 1,500 kilomètres pourront être convenablement aménagés pour une bonne navigation, soit au moyen de canaux latéraux, soit au moyen de barrages mobiles ou par tout autre système.

L'ensemble des voies actuelles utilement améliorables se réduirait ainsi à 7,000 kilomètres. Supposons que la longueur des lignes nouvelles principales, en construction ou projetées, qui n'est que de 12 à 1,500 kilomètres, soit portée à 3,000 kilomètres, de façon à former un premier réseau bien homogène de dix mille kilomètres de voies navigables établies conformément aux nouveaux types adoptés.

Nous croyons faire une hypothèse des plus modérées en supposant que le tonnage moyen de ce réseau sera d'au moins 450,000 tonnes. Ce chiffre n'est pas, en effet, de beaucoup plus supérieur à celui déjà réalisé sur les canaux existants avec un parcours moyen tout à fait minime, et au milieu de toutes les difficultés qui ont été indiquées. Il sera certainement dépassé sur de nouvelles voies ayant partout un tirant d'eau suffisant, des sections et des écluses de mêmes dimensions permettant à des bateaux de 300 tonnes de circuler librement sans rompre charge et sans pertes de temps, d'un bout à l'autre du territoire.

Dans ces conditions, la lenteur et les incertitudes des transports, si souvent reprochées à la navigation, feront place à une circulation dont la vitesse et la régularité pourront n'être pas beaucoup moindres que sur les chemins de fer en petite vitesse.

Ces avantages attireront certainement à la navigation une clientèle beaucoup plus nombreuse et assureraient, dès maintenant, à nos canaux actuels un tonnage bien supérieur à celui supposé de 450,000 tonnes.

Les tonnages prévus pour les nouvelles lignes dépassent, d'ailleurs, presque tous, ce chiffre. On suppose pour la jonction de l'Oise à l'Aisne, 600,000 tonnes; pour celle de l'Escaut à la Meuse, 580,000 tonnes; pour le canal des houillères du Nord, plus de 2 millions de tonnes. Quant aux grandes artères, on peut citer celle du Havre à la Méditerranée, dont le trafic a été évalué à 2 millions de tonnes par kilomètre.

Il ne serait donc pas exagéré d'admettre un trafic moyen d'au moins 500,000 tonnes pour le réseau de 10,000 kilomètres de lignes principales. Prenons, cependant, pour base le chiffre de 450,000 tonnes et voyons ce que coûtera le transport de la tonne kilométrique.

Coût du kilomètre :

Les 10,000 kilomètres se composeront de 5,500 kilomètres de canaux ou rivières canalisées, dont le coût d'établissement aura été, y compris les travaux d'amélioration, de 165,000 fr. par kilomètre : soit, en totalité de. . . . . 905,000,000 fr.

Et de 4,500 kilomètres évalués à 250,000 fr., soit en totalité à. 1,125,000,000

Total pour 10,000 kilomètres. 2,030,000,000 fr.

Ou 203,000 fr. par kilomètre.

Intérêts du capital.	10,150 fr.
Intérêts par tonne $\frac{10,150 \text{ fr.}}{450,000 \text{ t.}}$	2c,25
Entretien $\frac{1,800 \text{ fr.}}{450,000 \text{ t.}}$	0c,4
Transport.	1c,25
Total.	3c,90

L'économie réalisée sur le prix moyen actuel de l'unité kilométrique transportée sur l'ensemble des voies ferrées qui est de 6c,04, sera par conséquent de 2c,14, soit de 35 pour 100.

Les 450,000 tonnes par kilomètre représentent, sur les 10,000 kilomètres de voies navigables, un tonnage kilométrique total de 4 1/2 milliards d'unités, soit, sur le tonnage actuel de 2 milliards, une augmentation de 2 1/2 milliards de tonnes kilométriques.

Supposons, par impossible, que la totalité de ce tonnage soit prise sur le trafic actuel des chemins de fer.

Pour évaluer la diminution de bénéfice qui résulterait pour ces derniers de cette réduction de trafic, il convient de considérer que ces 2 1/2 milliards de tonnes représentent un transport de marchandises pondéreuses, dont le tarif moyen n'est guère supérieur à 3c,7 et sur lesquelles le bénéfice réalisé ne dépasse certainement pas un demi-centime; on a vu plus haut, en effet, que le prix de revient de transport de l'unité kilométrique en petite vitesse, n'est pas inférieur, en moyenne, à 3c,25.

La diminution de bénéfice pour les chemins de fer serait donc à raison de un demi-centime par unité kilométrique, sur les 2 1/2 milliards d'unités qu'ils auraient perdus, de 12 1/2 millions de francs par an, mais cette diminution de profits ne sera que momentanée; car, les chemins de fer bénéficieront rapidement de l'accroissement de circulation qui résultera de la création des canaux et qui, en augmentant la production, fournira aux voies ferrées une nature de transports beaucoup plus fructueuse, compensant largement la petite diminution qu'ils auront temporairement subie en unités de petite vitesse.

En regard de cette réduction de profits, il convient d'ailleurs de mettre le bénéfice que retirerait le pays de la réduction de 2c,14 sur le même tonnage; ce bénéfice serait, pour 2 1/2 milliards d'unités, de 53 1/2 millions de francs.

L'opération se solderait donc, même dans cette hypothèse tout à fait désavantageuse et invraisemblable, par un profit net annuel, pour le pays, de 41 millions de francs.

Mais on ne peut supposer que ce trafic nouveau de 2 1/2 milliards d'unités, soit pris en totalité aux chemins de fer actuels.

L'expérience a prouvé que, toutes les fois qu'une voie plus économique s'offre au commerce, il y a naissance d'un trafic nouveau.

Il est bien certain, par exemple, que le trafic actuel des voies navigables, que les chemins de fer ne sont pas parvenus à absorber, est un trafic qui appartient bien à la navigation, et qui est dû aux conditions spéciales de transport qui lui sont propres.

Avant la création du chemin de fer de l'Est et du canal de la Marne au Rhin, la route de Paris à Strasbourg desservait une circulation d'environ 160,000 tonnes. En 1854, après la construction du chemin de fer et du canal, le tonnage du canal avait déjà atteint 100,000 tonnes, et le chemin de fer 300,000. En 1878, le tonnage du canal a été de 579,000 tonnes, et celui du chemin de fer de 800,000 unités, ce qui

donne une circulation totale de 1,400,000 unités, presque dix fois supérieure à l'ancienne fréquentation de la route. Chacune de ces deux grandes voies de communication a donc pu se former une clientèle spéciale, et personne ne soutiendra que si le canal n'existait pas, le même trafic total eût pu se développer. Ainsi que l'explique M. Graeff dans son étude sur cette question, le canal a pu faire sortir des forêts, par masses énormes, des bois qu'on ne pouvait exploiter faute de chemin pour les écouler; il a fait ouvrir des carrières et des mines de fer, que le chemin de fer n'aurait jamais pu desservir; chacune des deux voies a créé des exploitations *sui generis*, qui ont profité à l'une sans nuire à l'autre.

Nous ferons donc, au sujet des 2 1/2 milliards de tonnage supplémentaire, une hypothèse beaucoup moins éloignée de la vraisemblance et de la réalité, en admettant que un demi-milliard d'unités tout au plus, pourront être dérivées de la circulation actuelle des chemins de fer, que un autre demi-milliard sera prélevé sur le trafic auquel les nouvelles voies ferrées peuvent prétendre, et qu'enfin, 1,500 millions d'unités seront fournies par un trafic nouveau.

Dans ces conditions, on peut calculer le bénéfice qui résultera pour le pays, du transport par voie d'eau de ce tonnage total.

Sur le demi-milliard de tonnes empruntées aux lignes actuelles, le bénéfice sera, comme il est dit précédemment, de 2c,14 diminué du profit de 0c,5, qui aurait été réalisé par les voies ferrées, soit de 2c,9 par tonne, ou de. . . . . 10,500,000 fr.

Sur le demi-milliard de tonnes prises aux lignes nouvelles, où le coût de l'unité kilométrique atteindra le chiffre qui a été indiqué de 16c,6, le bénéfice sera de 12c,7 par tonne, soit de. 63,500,000

Soit, ensemble, sur le milliard de tonnes empruntées aux voies ferrées anciennes ou projetées, un bénéfice annuel de. . . . . 74,000,000 fr.

Quant aux 1,500 autres millions de tonnes kilométriques, ce sera un trafic nouveau exclusivement dû à l'existence des voies navigables, et dont le bénéfice ne saurait être chiffré, mais qui ne peut être que fort considérable.

Une autre conséquence se dégage des chiffres ci-dessus, c'est

l'abaissement qui sera ainsi obtenu dans le prix moyen général des transports. Actuellement, les 17 milliards de tonnes kilométriques transportées tant par les chemins de fer, que par les voies navigables, coûtent en moyenne 6 centimes.

Lorsque les 10,000 kilomètres de voies navigables principales formant le premier réseau dont il a été question, seront livrés à l'exploitation, le coût moyen de l'unité sera, dans l'hypothèse ci-dessus indiquée, de : 14 1/2 milliards d'unités transportées sur les voies ferrées à raison de 6c,04. . . . . 875,800,000 fr.

4,5 milliards d'unités transportées sur les canaux à raison de 3c,9. 175,500,000

Total : 19 milliards d'unités pour. . . 1,051,300,000 fr.

soit au prix de 5c,5, ce qui représente un abaissement de 0c,54 par unité ou de 9 pour 100 sur le prix de revient moyen actuel de l'ensemble des transports.

La dépense totale sur les 17 milliards d'unités actuellement transportées étant, à raison de 6c en moyenne, d'environ un milliard de francs, cette économie sera de 90 millions de francs par an sur les seuls transports actuels, et cela sans compter tous les avantages résultant pour le pays des deux autres milliards de tonnes kilométriques transportées au prix de 3c,9.

Or, on ne saurait trop le répéter, ce que le pays réclame aujourd'hui, ce n'est pas seulement l'ouverture de voies nouvelles, c'est surtout l'abaissement des prix de transport.

La situation économique s'est, en effet, sensiblement modifiée depuis la création des chemins de fer. Il suffit, pour s'en rendre compte, de considérer la marche de notre commerce extérieur.

Pendant les vingt années qui précèdent 1847, époque à laquelle notre réseau de chemins de fer a commencé à prendre un développement important, notre commerce spécial est resté à peu près stationnaire; sa moyenne ne dépasse pas 12 à 1300 millions de francs avec un excédent moyen d'importations de 27 millions par an.

Dans les vingt années qui suivent, de 1847 à 1868, pendant lesquelles s'est achevé notre réseau de voies ferrées, un immense essor de prospérité s'est produit. Le mouvement commercial a triplé d'importance avec un excédent d'exportations de près de 200 millions par an, c'est-

à-dire de quatre milliards pendant cette période de vingt ans. Depuis 1868, le mouvement commercial total a continué sa marche ascendante, mais le rapport entre les exportations et les importations a complètement changé et s'est traduit par un déficit annuel moyen de 200 millions par an, qui atteint pour les trois dernières années la moyenne de 500 millions de francs.

La balance du commerce ne donne sans doute pas toujours la mesure de la prospérité d'un pays, mais on peut tirer d'utiles indications des éléments qui la composent. Or, on trouve que les excès d'importations, pendant cette période, proviennent principalement des insuffisances croissantes de notre production agricole et qu'elles constituent tout au moins un manque à gagner.

On conçoit aisément que le rapide développement de nos chemins de fer qui, lors de leur construction, répondaient à un besoin pressant de voies de communication, ait produit dans notre pays, qui a été un des premiers à profiter de ce merveilleux instrument de transport, un vif essor de prospérité industrielle et commerciale, mais on ne doit pas oublier que, depuis, les autres pays, tels que l'Amérique du Nord, ayant à leur tour construit leur réseau de voies ferrées, se trouvent aujourd'hui armés d'un outillage également perfectionné et en mesure de nous faire une concurrence bien plus étendue et plus active qu'autrefois.

Il suffit de rappeler à ce sujet la situation faite, depuis quelques années, à notre marché de céréales par les importations sans cesse croissantes des blés d'Amérique. Cette situation est telle que l'agriculture qui, à la veille des traités de commerce de 1860, envisageait sans crainte la concurrence étrangère, cherche aujourd'hui comment elle pourrait s'en garantir.

Le seul moyen que nous ayons de soutenir la lutte, c'est de produire davantage et à meilleur marché. Nous avons déjà signalé, dans des communications précédentes, l'opportunité de travaux ayant spécialement en vue l'amélioration du sol, et notamment les canalisations agricoles destinées à tirer un meilleur parti des eaux du territoire.

Nous avons montré que la quantité d'eau disponible, si elle était convenablement aménagée, permettrait de fertiliser au moins dix millions d'hectares et qu'en réduisant même cette étendue à deux millions d'hectares seulement, on obtiendrait un revenu de 400 millions, et une plus-value foncière de plus de 8 milliards. Une pareille opération

augmenterait dans une proportion énorme la production du pays, ramènerait la richesse et la main-d'œuvre dans les campagnes et serait de nature, plus que tous autres travaux, à remédier à la terrible crise que traverse actuellement notre agriculture. On doit désirer vivement que les travaux agricoles, trop longtemps négligés, prennent enfin la place qui leur revient dans l'ensemble des œuvres d'utilité publique.

La question des moyens de transport, dont nous nous occupons exclusivement ici, a aussi sa grande importance; car les frais de transport entrent pour une assez forte proportion dans le prix de revient de la plupart des produits; il est donc nécessaire de réduire, autant que possible, cet élément de dépense. C'est ce besoin, universellement ressenti dans le pays, qui a été l'origine des réclamations qui se sont produites au sujet des tarifs de transport, et qui, en vue d'obtenir leur réduction, a fait naître dans certains esprits l'idée du rachat des chemins de fer par l'État.

Mais on n'a pas réfléchi que les tarifs sont arrivés à leur minimum, puisque les chemins de fer transportent en moyenne, sensiblement à prix de revient, et que le prix de transport qui est actuellement d'environ six centimes, loin de pouvoir être abaissé, va nécessairement s'élever à mesure que le réseau s'étendra.

Les grandes Compagnies avaient donc parfaitement raison dans la résistance qu'elles ont opposée à une extension trop grande de leurs réseaux. Elles ont peut-être moins bien compris leurs véritables intérêts, en voulant éteindre autour d'elles tout concours et absorber à leur profit la totalité de la circulation intérieure du pays. Cet esprit de conservation excessif devait, comme toujours, amener tôt ou tard une réaction.

Tel est le caractère du mouvement d'opinion qui se produit aujourd'hui. Deux tendances principales s'y manifestent.

Sous l'impression encore récente des merveilleux résultats obtenus par la création des chemins de fer, on se propose de doubler l'étendue de leur réseau dans la pensée que les voies ferrées sont l'instrument de transport par excellence destiné à satisfaire de la meilleure manière possible à tous les besoins.

On reproche d'autre part aux grandes Compagnies de ne pas s'être prêtées suffisamment à cette création de lignes nouvelles et d'être un obstacle à l'abaissement des tarifs. Partant de là et dans la pensée

d'échapper à des résistances que l'on a cru être la conséquence de l'organisation même des Compagnies et d'une sorte de monopole, tandis qu'elles ne sont que le résultat inévitable du développement des réseaux exploités, on songe à mettre entre les mains de l'État la totalité de nos voies ferrées.

Il est à craindre qu'il n'y ait là une double erreur : qu'on ne se trompe dans le choix même de l'instrument de transport le mieux approprié à nos besoins actuels, et qu'en abandonnant à l'État le soin de construire et d'exploiter tous nos chemins de fer, on ne se livre à un monopole d'une autre nature, mais bien autrement dangereux que celui de Compagnies même les plus puissantes.

On a parfaitement raison d'attribuer aux chemins de fer le grand essor de prospérité qui a accompagné et suivi leur création ; mais, il ne faut pas oublier que nous avons profité, à ce moment, de l'avance que nous avions alors sur beaucoup d'autres pays, dans l'emploi de ce nouveau mode de transport. Depuis, cette avance a peu à peu disparu. Des chemins de fer se sont construits et se construisent encore de tous côtés. Les États-Unis seuls en ont ouvert 6,000 kilomètres l'année dernière et projettent, pour cette année, 15,000 kilomètres de lignes nouvelles. Des contrées éloignées, mais où la terre et la main-d'œuvre sont à bon marché, peuvent ainsi, grâce à ces voies de transport, envoyer leurs produits jusque sur nos marchés et nous faire une concurrence qui n'est peut-être encore qu'à ses débuts.

Chez nous la situation est toute différente. Nous avons déjà tiré des voies ferrées les principaux avantages qu'elles pouvaient nous offrir. On voit, en effet, que le trafic des lignes nouvelles successivement ouvertes, est de plus en plus faible, par rapport à celui des lignes antérieurement exploitées. Il ne s'agit plus aujourd'hui de comparer, comme on l'a fait, les prix de transport sur les voies ferrées à ceux des routes ordinaires et de faire, de la différence de ces prix, la mesure de l'utilité et du profit à retirer de la construction de nouveaux chemins de fer ; la voie ferrée est un instrument de transport désormais acquis au commerce et à l'industrie de tous les pays et c'est avec cet instrument dont l'emploi est généralisé, qu'il faut maintenant compter. Ce n'est donc pas en construisant de nouveaux chemins de fer, que nous parviendrons à lutter avec les autres pays et surtout avec ceux qui ont encore d'immenses territoires à exploiter ; c'est en opposant aux che-

mins de fer un mode de transport encore plus économique. Tel est le rôle qu'ont à prendre aujourd'hui les voies navigables.

On se préoccupe déjà, dans plusieurs pays d'Europe, de cette importante question. Une intéressante notice de M. Friedmann, de Vienne, montre qu'en Autriche plusieurs grands canaux vont être exécutés. L'Allemagne, de son côté, améliore les siens, augmente leur section et en projette de nouveaux. Parmi les travaux plus importants, on peut citer la création d'une grande voie de communication par eau destinée à relier les différents bassins depuis la Meuse et le Rhin jusqu'à l'Elbe, l'Oder et la Vistule.

Tous nos efforts doivent donc tendre à nous mettre, encore sous ce rapport, en avance sur les autres pays, ou, tout au moins, à suivre le mouvement qui se produit déjà chez nos voisins. Ce sera le seul moyen de nous assurer des avantages analogues à ceux que les chemins de fer nous avaient temporairement procurés, et qu'ils sont maintenant impuissants à nous conserver sans le secours des voies navigables. C'est, d'ailleurs, une erreur de croire que les canaux feront du tort à nos voies ferrées ; ils seront pour celles-ci un concours beaucoup plus qu'une concurrence et accroîtront la valeur de notre outillage de transport.

On a dit que l'État, s'il était maître des chemins de fer, pourrait, de son autorité, abaisser les tarifs. Faut-il s'arrêter à une pareille proposition? Nous avons déjà expliqué que les tarifs ne pouvaient être réduits sans entraîner des déficits dans l'exploitation. M. Lejeune a calculé que, pour une réduction de tarifs de 1/5 pour les voyageurs et de 1/4 pour les marchandises, le déficit atteindrait, dès maintenant, 170 millions de francs par an, et on a vu plus haut que ce déficit augmenterait, d'année en année, à mesure qu'on construira des lignes nouvelles. Il faudrait alors demander à des accroissements d'impôts la compensation de cette perte annuelle. Ce système illusoire, aurait en outre le grave inconvénient de mettre à la charge du pays une sorte de *protection*, ayant le même effet qu'une protection douanière, au bénéfice exclusif de ceux qui ont à faire des transports. Ce serait entrer dans une voie économique tout à fait rétrograde.

On a été aussi jusqu'à prétendre qu'en donnant aux chemins de fer, à titre de subvention supplémentaire, les sommes que l'on aurait à consacrer à la construction des canaux, les chemins de fer pourraient abaisser, en proportion, leurs tarifs et offrir ainsi des conditions de

transport aussi économiques que la navigation. Les chiffres que nous avons établis montrent à quel point une pareille opinion est éloignée de la réalité. Ceux qui soutiennent cette thèse oublient d'ailleurs que les chemins de fer ont une puissance de transport bien plus limitée que les canaux; ce serait manquer de toute prévoyance que d'aliéner ainsi, au profit de quelques lignes déjà chargées de trafic, les ressources nécessaires à la construction de voies navigables qu'il faudrait, malgré tout et par la force des choses, exécuter tôt ou tard, ce qui doublerait finalement la dépense à faire et renouvellerait sur une bien plus grande échelle la faute autrefois commise par l'abandon du canal du Midi à la Compagnie du chemin de fer.

Nous voyons donc qu'à tous les points de vue l'accroissement projeté de notre réseau de chemins de fer serait excessif, inopportun et onéreux, s'il n'était précédé ou au moins accompagné d'un large développement de nos voies navigables qui peuvent seules, par leur bon marché et leurs aptitudes spéciales, nous rendre l'avantage dans la concurrence générale des transports.

En ce qui concerne l'intervention de l'État dans l'industrie des chemins de fer, on ne saurait contester son manque absolu d'aptitude à construire et à exploiter économiquement.

M. Gottschalk a montré que les dépenses d'exploitation des chemins de fer de l'État dans les divers pays d'Europe, dépassent en moyenne de plus de 20 p. 100 celles des lignes exploitées, dans les mêmes pays, par des Compagnies. L'expérience prouve également que l'État construit plus chèrement que l'industrie privée, et on a vu plus haut l'influence qu'exerce le coût d'établissement sur le prix de revient de l'unité kilométrique transportée.

Il n'y a donc aucun espoir d'obtenir, au moyen du rachat, les économies que l'on cherche à réaliser dans les frais de transport.

On a enfin montré les dangers de ce système dans lequel l'État, de contrôleur qu'il était, devenant constructeur et exploitant, substitue son administration, désintéressée et irresponsable, à l'action salutaire des initiatives privées qui, de plus, peuvent seules donner la mesure de l'utilité des lignes nouvelles à entreprendre. L'État s'expose ainsi à l'obligation de puiser dans des augmentations d'impôts, les ressources nécessaires pour combler des déficits dont on ne saurait prévoir l'importance.

Mais à tous ces inconvénients, si souvent signalés, s'ajoute le péril

encore plus grave que nous avons signalé plus haut. Nous avons montré, en effet, que le véritable monopole à craindre, c'est celui même des chemins de fer considérés comme l'unique instrument de transport.

Tant que les chemins de fer sont entre les mains d'intérêts privés, il n'y a point à redouter que la place soit à jamais fermée pour tout autre mode de transport offrant des conditions d'économie et un concours avantageux au pays.

Cette situation sera-t-elle la même quand l'État se sera substitué aux Compagnies actuelles? Que fera l'État pour les canaux, et que pourra entreprendre l'initiative privée, sans son concours, pour développer ces utiles voies de transport, dont les mérites ne sont pas assez connus, et pour lesquelles le crédit de l'État est encore nécessaire? La navigation avait déjà de la peine à conquérir sa place auprès des intérêts puissants que représentent les chemins de fer, que pourra-t-elle si elle doit se mesurer avec le monopole de l'État, unique maître des chemins de fer?

Lorsque les chemins de fer étaient à leurs débuts, on pouvait comprendre que l'État vînt à leur aide, même contre les canaux. C'est ainsi qu'au sujet du canal du Midi, le gouvernement exposait, dans les considérants de la loi du 8 juillet 1852 relative à la concession du chemin de fer du Midi, que le chemin de fer de Bordeaux à Cette, s'il était exposé à la concurrence d'une voie « aussi facile et aussi économique» que le canal latéral à la Garonne, se trouverait privé de la majeure partie sinon de la totalité des produits attachés au transport des marchandises, et qu'il convenait en conséquence de ne pas laisser subsister une concurrence qui, à cause de la garantie d'intérêts accordée à la voie ferrée, se résoudrait en définitive, en une augmentation de charges pour le Trésor.

Une pareille argumentation, toute à l'éloge d'ailleurs des services que peut rendre la navigation, pouvait à la rigueur se justifier, ou du moins s'expliquer, à un moment où il était d'intérêt public de faciliter et d'encourager la construction des voies ferrées. Mais, à présent, les rôles sont changés; les chemins de fer ont conquis une situation à laquelle rien ne peut porter atteinte. Il appartient donc aujourd'hui à l'État de rendre aux voies navigables une partie de la protection qu'il avait dû, au moins pour un temps, accorder exclusivement aux voies ferrées.

Ne peut-on pas craindre, au contraire, que l'État, s'il est maître de tous les chemins de fer, ne reproduise, pour la création de voies navigables nouvelles, le raisonnement qu'il faisait autrefois au sujet du canal du Midi ?

Résumons tout ce qui précède.

Nous avons montré que dans la seule région de la France où le réseau des voies navigables puisse être comparé à celui des chemins de fer, le prix moyen kilométrique des transports par eau, y compris les intérêts des capitaux de premier établissement, est inférieur à la moitié du prix moyen des transports en petite vitesse par voie ferrée, et que sur un premier réseau de voies navigables principales qui serait porté tout d'abord à dix mille kilomètres, le prix moyen des transports serait encore, en y comprenant toujours les intérêts du capital de premier établissement, de 35 0/0 inférieur au prix moyen obtenu actuellement sur l'ensemble des voies de fer.

Nous avons montré également que cet écart s'accroîtra de plus en plus, attendu que le prix de revient des transports sur les chemins de fer augmentera sans cesse, à mesure que de nouvelles lignes moins productives, à moindre parcours et d'une exploitation généralement plus coûteuse, viendront s'ajouter aux premières et que, par conséquent, demander en même temps des accroissements de notre réseau de voies ferrées et des réductions de tarifs, c'est prétendre à deux choses contradictoires.

Nous avons établi, enfin, que le seul moyen de multiplier les voies de communication tout en réduisant le coût moyen des transports, condition qu'exige impérieusement la situation économique actuelle du pays, c'est d'avoir recours aux transports par eau, et que la navigation, loin de porter atteinte à la fortune de nos voies ferrées, leur apportera au contraire un concours utile, attendu que celles-ci ont fort peu à gagner sur les marchandises lourdes qui les encombrent, et que, tirant leur principal profit des produits pouvant payer des transports rapides, elles seront les premières à bénéficier de l'essor de prospérité industrielle et agricole que provoquera dans le pays la création de voies spécialement destinées aux transports à petite vitesse et à bon marché.

Nous terminerons cette étude en disant, sous forme de conclusion :

Que dans l'ensemble des travaux publics projetés, et en outre des travaux de canalisations agricoles spécialement destinés à accroître la puissance productrice du sol et qui sont les plus urgents, une plus large part devrait être faite au développement de nos voies navigables ;

Que c'est le seul moyen d'abaisser la moyenne des prix de revient des transports et, par conséquent, d'arriver à des réductions de tarifs qui ne soient pas onéreuses pour le pays ;

Et que le rachat des chemins de fer, qui aurait pour conséquence de détourner l'État de la construction des voies navigables, serait de nature à ajourner, pour longtemps, toute possibilité d'atteindre le but qu'on se propose, qui est de diminuer les dépenses de transport tout en ouvrant de nouvelles voies de communication.

CHEMIN DE FER
SUR LA GLACE DU FLEUVE SAINT-LAURENT

ENTRE HOCHELAGA ET LONGUEUIL (CANADA)

PAR M. LE CAPITAINE É. DENIEL.

Un chemin de fer sur la glace n'est pas chose absolument neuve, puisqu'il en a déjà été construit un sur le Potomac, pendant la guerre de sécession aux États-Unis; mais comme je n'ai pu me procurer nul détail sur sa construction et son exploitation, je n'en parle que pour mémoire.

Le chemin de fer dont il s'agit ici, est établi sur la glace du fleuve Saint-Laurent, entre Hochelaga et Longueuil, et sert à relier la ligne de « Québec, Montréal, Ottawa et Occidental, à la ligne du Sud-Est. »

Ces deux lignes sont de construction récente, et pour les communications étaient obligées de faire usage, en été de bateaux et en hiver de traîneaux; ce qui entraînait des transbordements onéreux. Il leur était donc difficile de faire concurrence aux autres lignes, particulièrement à la ligne du Grand-Tronc, qui possède le pont Victoria.

La ligne de Q. M., O. et O. part de Québec, suit la rive Nord du fleuve jusqu'auprès de Montréal; là elle envoie un embranchement qui se rend jusque sur les quais de la ville, après avoir passé sur deux ponts de fer jetés sur des bras du Saint-Laurent; continuant sa course vers l'Ouest, mais longeant cette fois la rive Nord de l'Ottawa, elle atteint Hull, où un autre pont la met en communication avec la ville d'Ottawa, capitale du Canada. Pour le moment, la portion exploitée s'arrête là, mais l'intention du gouvernement de la province de Québec, à qui appartient le chemin de fer, est de pousser la ligne jusqu'au terminus du chemin de fer Canadien du Pacifique, actuellement en construction. J'allais oublier de mentionner qu'en deux autres endroits, soit à Trois-Rivières et à Sainte-Thérèse, des embranchements partant de la ligne principale se dirigent vers le Nord, l'un tendant vers les

Piles, d'où la navigation sur le Saint-Maurice est libre jusqu'à la Tugue; l'autre allant aboutir à Saint-Jérôme.

En somme, cette ligne est la grande artère de la partie de la province de Québec, située au Nord du Saint-Laurent. Elle parcourt un territoire assez peuplé et bien cultivé; elle servira en outre puissamment à développer la colonisation dans les vallées de l'Ottawa et du Saint-Maurice.

La ligne du Sud-Est (South-Eastern R. R.), part de Longueuil, sur la rive sud du Saint-Laurent, et après avoir traversé ce magnifique pays appelé les Cantons de l'Est, quitte le Canada et s'engage dans les États-Unis, pour arriver à Newport (Vermont). De là, elle se trouve en communication directe avec Boston, New-York, etc. C'est du reste, la ligne la plus courte, entre Montréal et Boston.

Il était donc de la plus haute importance pour ces deux lignes (Q. M. O. et O., et S.-E.), de pouvoir établir un service régulier sans transbordement.

Jusqu'à présent, un seul pont existe sur le Saint-Laurent; c'est le pont Victoria, qui appartient au Grand-Tronc, et lui permet l'entrée de Montréal. La construction de ce pont, un des plus longs du monde puisqu'il mesure entre les piles culées 6,138 pieds (1,870^{m},86), a demandé six ans, et coûté 6,000,000 de dollars. Il n'est donc pas fort étonnant que le Grand-Tronc demande 10 ou 12 dollars pour le passage d'un wagon; cependant ce prix est considéré comme excessif.

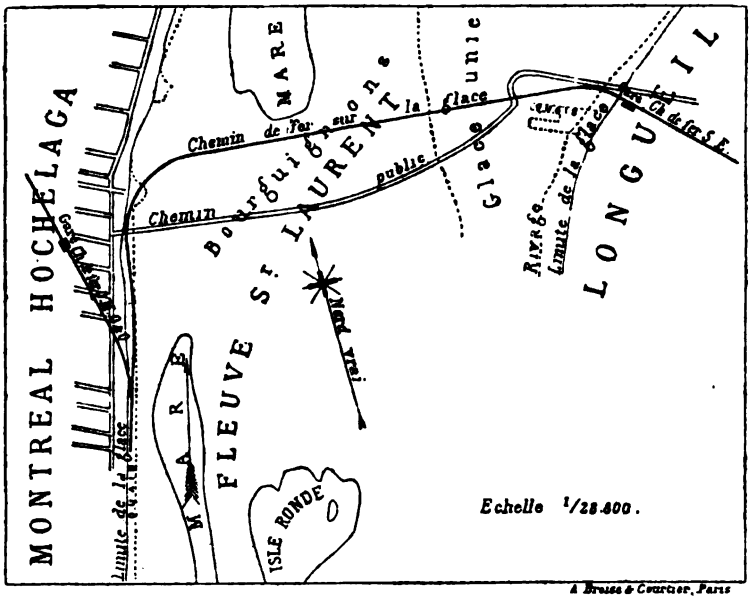
Un ingénieur, M. Legge, a proposé il y a quatre ans, la construction d'un nouveau pont, le pont Royal-Albert, qui devait servir au trafic de la ligne Q. M., O. et O. Le devis portait le coût du pont à 5,000,000 dollars. Ce projet n'a pas eu de suite.

Enfin, cette année, un homme entreprenant, M. Sénécal, directeur de l'exploitation du chemin de fer de Q. M., O. et O., résolut de tenter une expérience, qui a été couronnée d'un plein succès. Grâce à lui, on a pu voir pendant une partie de l'hiver, de nombreux convois de marchandises circuler sur la glace entre Hochelaga et Longueuil.

M. G. Lebel a été chargé de la direction des travaux; c'est à son obligeance, que je dois les renseignements qui suivent, sur la construction et l'exploitation de ce chemin.

En face et en aval de Montréal, la glace du fleuve n'est pas unie, comme elle l'est en beaucoup d'autres endroits, comme elle l'est sur les lacs et sur les rivières où l'eau coule librement. En effet, la ville

se trouve située au pied des rapides de Lachine, et le courant est encore très fort entre les quais et les îles Sainte-Hélène et Ronde. Le pont de glace ne prend donc qu'après de très grands froids. Le fleuve cependant charrie constamment des glaçons pendant les premiers mois de l'hiver ; ces glaçons arrivés dans une eau plus calme en aval de la ville, sont arrêtés par la glace déjà prise ; ils s'entassent alors les uns par-dessus les autres, et forment ces amoncellements connus sous le nom de bourguignons. La glace ainsi soulevée ne tarde pas à arriver au niveau des quais et même à les recouvrir ; c'est ce que l'on peut voir sur le plan où les lignes de quais à Longueuil et à Hochelaga sont pointillées, la limite des glaces s'étendant au delà.



Le niveau de l'eau sur le Saint-Laurent est très variable ; généralement les hautes eaux sont en avril et les basses eaux en septembre. Cependant on a vu une fois, les plus hautes eaux le 1er janvier et les plus basses le 31 du même mois ; cette même année la différence entre les deux niveaux fut de 20 pieds (6m,096). Il est évident que dans de semblables circonstances, il serait inutile de songer à construire un chemin de fer. Mais il n'en est pas ordinairement ainsi, et cette année le plus grand écart constaté depuis la construction du chemin n'a été que de 9 pouces (0m,229).

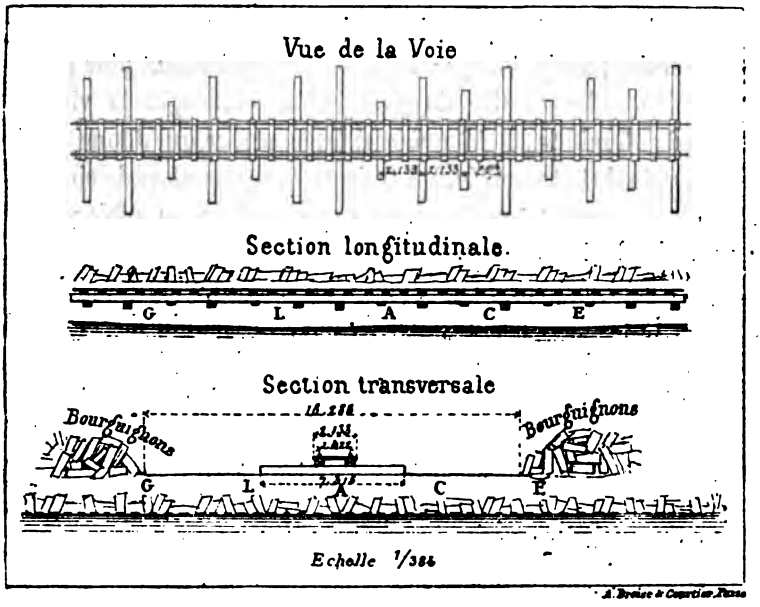
La ligne du chemin de fer passe entre deux mares, situées l'une au Sud, l'autre au Nord. Ces deux mares n'existent pas toujours, celle du Nord au contraire ne se forme presque jamais, et l'on ne sait à quoi l'attribuer. La mare située entre l'Ile-Ronde et la terre a une cause fort naturelle, la vitesse du courant, qui atteint, lorsque le chenal n'est pas rétréci par les bourguignons, jusqu'à 92 milles à l'heure (14,800 mètres) soit environ 9 nœuds. Cette mare tend constamment à s'étendre vers le Nord, et était bien plus à redouter que l'autre, qui n'a pas bougé depuis la construction du chemin. Au reste, l'épaisseur de la glace au bord de l'eau n'est pas moins de 2 pieds (0m,61).

La seule difficulté dans le tracé de la ligne consistait dans l'atterrissage; car eu égard au changement de niveau constant du Saint-Laurent, il fall ait de toute nécessité aborder les quais carrément. A Longueuil, la solution du problème était tout indiquée, il suffisait d'éviter les quais et d'arriver sur le rivage; mais il n'en a pas été de même à Hochelaga, où en quittant le bout du quai, il a fallu faire une courbe de 817 pieds de rayon (249 mètres), afin d'éviter la mare du Nord et même d'en passer à une distance rassurante. Telle que tracée, la ligne passe à 300 pieds (91m,45) du point le plus rapproché de cette mare.

Des sondages ont été pris sur tout le parcours du chemin, et l'épaisseur de la glace n'a jamais été trouvée inférieure à 2 pieds (0m,61); or, on sait quel poids énorme une semblable épaisseur est capable de supporter. En effet, les ingénieurs qui ont dirigé les travaux de construction du pont Victoria, n'ont pas craint dans une expérience, qui a duré 24 heures, de charger d'un poids de 1,500 livres par pied carré (soit environ 7,320 kilogrammes par mètre carré), sur une superficie de 100 pieds carrés (9m²,29), la glace du fleuve, quoiqu'elle n'eût en cet endroit qu'une épaisseur de 18 pouces (0m,457). D'ailleurs, le mode de construction suivi pour le chemin donne toute garantie de sécurité.

En effet, on a commencé par déblayer les glaçons sur une largeur de 60 pieds (18m,30), et par niveler grossièrement; puis des poutres espacées de 7 pieds (2m,13) de centre à centre ont été posées tout le long de la voie sur le fleuve. Ces poutres varient en longueur de 12 à 24 pieds (3m,66 à 7m,32), et en épaisseur de 3 à 12 pouces (0m,076 à 0m,305). Elles servent à répartir la pression sur une plus grande surface, et à empêcher les vibrations produites par le passage des trains de se transmettre directement à la glace. Sur ces poutres ont été posées des longrines de 12 pouces (0m,305) d'équarrissage, variant en

longueur de 28 à 42 pieds (8m,53 à 12m,80). Enfin, des traverses de 3 pouces (0m,076) d'épaisseur, 7 pieds (2m,13) de longueur et de 9 à 12 pouces (0m,22 à 0m,30) de largeur ont été posées sur les longrines. Elles sont espacées de 3 pieds (0m,91) de centre à centre.



Les rails employés, sont des rails d'acier, à patin, pesant 56 livres par verge courante (soit 27,75 kilog. par mètre courant); ils ont été cloués comme de coutume au moyen de crampons. Ces crampons de 7 pouces (0m,18) de long pénètrent dans les longrines à une profondeur de 3 1/2 pouces (0m,09), après avoir traversé les traverses. Les rails, traverses, longrines, sont donc parfaitement reliés ensemble, mais sont simplement posés sur les poutres.

La longueur totale du chemin de 9,125 pieds (2,781m,30) se divisant ainsi : sur les quais de Montréal et d'Hochelaga, 2,500 pieds (762 mètres), sur la glace du fleuve 6,400 pieds (1,950m,72), sur le rivage à Longueuil 225 pieds (68m,58). Deux aiguilles, l'une à Hochelaga, l'autre à Longueuil, relient le chemin aux deux lignes qu'il dessert.

Le personnel permanent se compose d'un commis comptable, et de trois hommes employés à l'entretien de la voie, entretien qui du reste se borne à fort peu de chose. On a en effet, rempli de glace et de

neige tous les interstices entre les poutres et les traverses, et là où il a été jugé nécessaire on a pompé de l'eau sur le chemin, ce qui a augmenté l'épaisseur de la glace. Ces hommes sont de plus chargés de prendre des sondages plusieurs fois par semaine, et de répandre de la paille sur la voie lorsque le soleil devient trop ardent.

Lorsque le trafic n'est pas très actif, on se contente de chevaux pour faire le service; mais lorsque les besoins deviennent plus pressants, on emploie une locomotive du poids de 24 tonnes, et la vitesse permise est de 15 milles (24 kilomètres) à l'heure, ce qui donne 6 minutes pour la durée de la traversée. Un train se compose alors de cinq wagons pesant en charge 20 tonnes chacun; cependant on a fait passer une fois un train de 13 wagons.

Le prix chargé pour le passage d'un wagon, vide ou plein, est de 5 dollars. Les dimanches et jours de fête, le chemin de fer prend des passagers; le prix du passage étant 10 centin (0f,50) par personne.

Les travaux ont été commencées le 13 janvier et terminés le 26; l'inauguration a lieu le 31 du mois en présence des principaux citoyens de la ville et de la province, curieux d'assister à un spectacle aussi nouveau.

Je n'ai pas pu obtenir de renseignements détaillés sur le coût du chemin; cependant, je ne le crois pas supérieur à 6,000 dollars. Les terrassements et la main-d'œuvre ont coûté 1,550 dollars, et les bois de service ont été payés à raison de 7 centin (0.,35) le pied cube. Quant aux rails ils ont été, je pense, loués au gouvernement de la province.

L'expérience tentée cette année ayant pleinement réussi, la « Compagnie de Traverse de chemin de fer d'Hochelaga à Longueuil » se propose de mettre en opération durant l'été un ferry-boat capable de transporter les wagons entre les deux rives du Saint-Laurent. De cette manière, les communications entre les lignes Q. M., O. et O., et S.-E. ne seraient interrompues que pendant environ deux mois chaque année, à l'automne et au printemps.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS D'AVRIL 1880

Séance du 2 Avril 1880

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT prononce les paroles suivantes :

Mes chers Collègues,

Nous avons l'honneur et la bonne fortune de posséder aujourd'hui parmi nous un de nos Membres honoraires les plus distingués, M. le baron Engerth, bien connu de nous tous par les premières machines locomotives pour chemins de fer à grandes rampes.

M. le baron Engerth, qui a joué un rôle analogue à celui de M. Flachat auprès de la Société, sœur de la nôtre, des Ingénieurs et Architectes de Vienne, et qui a été pendant quinze ans le Président de cette Société, a bien voulu, sur ma prière, nous donner un témoignage public de l'intérêt qu'il porte à notre Société, en nous faisant aujourd'hui une communication sur les travaux de régularisation du Danube dans les environs de Vienne et, principalement, sur la porte flottante dont il a donné les plans et dirigé l'exécution et la mise en place, et qui a pour but de défendre la capitale de l'Autriche contre les inondations par les hautes eaux et les glaces du canal du Danube.

Je ne doute pas de l'intérêt que nous prendrons tous à entendre traiter par une autorité telle que M. le baron Engerth, la question des travaux accomplis dans ces dernières années aux environs de Vienne.

Mais quelle que soit votre impatience de l'écouter, et après avoir souhaité la bienvenue à notre éminent Membre honoraire, je vous demanderai la permission d'accorder un instant la parole à notre collègue M. Cotard, pour rendre hommage à un savant que Paris s'enorgueillit de posséder aussi dans ses murs depuis ce matin; je vous parle du professeur suédois Nordenskjold.

M. Cotard qui a été délégué par notre Société auprès de la Société de Géographie, pour traiter de la réception à faire à M. Nordenskjold, veut bien nous dire quelques mots du voyage accompli par ce savant à travers l'Océan glacial qui s'étend au Nord de l'Europe et de l'Asie.

M. Cotard dit qu'il avait l'intention de présenter une espèce d'indication de la remarquable expédition de M. le professeur Nordenskjold. Mais le célèbre savant suédois l'a devancé en arrivant ce matin à Paris, et à ce moment il commence à exposer la relation de son voyage, dans la réunion organisée à son intention au Cirque des Champs-Élysées. Il convient donc de remettre à une autre séance la communication qui devait avoir lieu aujourd'hui, elle sera faite plus complètement d'après les narrations détaillées que donnera lui-même l'illustre voyageur.

Qu'il suffise de dire aujourd'hui, que le professeur Nordenskjold a réalisé une tentative qui avait séduit avant lui un certain nombre de voyageurs et de marins moins habiles et moins heureux. Après avoir suivi les côtes de la Suède sibérienne, le navire la *Wega* qui portait le savant et qui était commandé par son ami le capitaine Palander, a réussi à franchir le détroit de Behring, qui, au Nord-Est du Pole arctique réunit les deux grands océans de l'Europe et de l'Asie. On connaîtra bientôt dans tous leurs détails les péripéties de cette expédition et, notamment cet hivernage de près d'une année au milieu des glaces polaires.

Après avoir accompli son voyage de circumnavigation, le professeur Nordenskjold a touché Naples, Lisbonne, et a passé par Londres d'où il nous arrive aujourd'hui, attendu avec une fiévreuse impatience par des réceptions solennelles. C'est la première de ces réceptions qui a lieu à l'heure présente au nom de la Société de Géographie, et les membres de la Société des Ingénieurs civils excuseront leur délégué de les quitter si promptement pour ne pas arriver à une heure désobligeante à la réunion où il doit les représenter.

M. le Président espère que M. Cotard voudra bien recueillir une ample moisson de renseignements pour en faire profiter la Société à une prochaine séance. Il donne la parole à M. le baron Engerth.

M. le baron Engerth s'excuse tout d'abord auprès de ses Collègues de la difficulté avec laquelle il s'exprime dans une langue qui lui est étrangère. Il a pris soin, d'ailleurs, de joindre à sa communication un certain nombre de dessins facilement intelligibles pour tous, et qui suppléeront à l'insuffisance de ses explications.

M. Engerth ne se propose pas de faire un exposé complet des immenses travaux entrepris dans le but de régulariser le cours du Danube et d'éta-

blir une porte flottante dans le bras dit « canal du Danube »; on trouvera la description de ces ouvrages, et spécialement celle de la porte flottante, dans un Mémoire qu'il se propose de publier prochainement; sans entrer dans les détails il se bornera à présenter dans cette séance quelques considérations générales sur l'ensemble de ces travaux.

La porte flottante est du reste un appareil nouveau, et qui a donné lieu à l'étude de problèmes intéressants, tels que ceux relatifs à l'écoulement de l'eau par des orifices submergés de grande section; M. Engerth a eu l'occasion de faire à ce sujet des expériences sur une grande échelle, de vérifier les formules et les coefficients établis jusqu'à présent, d'après la théorie et des essais faits sur une petite échelle.

Quel est le but général de la régularisation du Danube, aux environs de la ville de Vienne? Comment se forment les amas de glaces? Comment agissent les crues? Quel est le rôle que joue la porte flottante pour obvier à ces inconvénients? Tels sont les principaux points que M. Engerth se propose d'aborder dans cette séance.

En jetant les yeux sur la carte des environs de Vienne, on voit que le Danube, en amont du village de Nüssdorf, situé au Nord-Ouest de la capitale, sort d'un passage resserré entre deux montagnes, le Khalenberg et le Biesamberg, et se répand dans la plaine appelée « Marchfeld ». Avant la création du nouveau lit, qui est à peu près rectiligne et se dirige du Nord-Ouest au Sud-Est, le Danube, perdant son lit régulier, se divisait en un certain nombre de bras et coulait, tantôt dans le bras de droite, tantôt dans celui de gauche. Il en résultait dans le régime du fleuve une grande irrégularité; dans les basses eaux, la profondeur était insuffisante pour la navigation; pendant les hautes eaux, les crues donnaient lieu à des inondations désastreuses.

Le bras de droite prenant le nom de « canal du Danube » est celui qui, se détachant du fleuve à Nüssdorf, pénètre dans la ville, et c'est celui-là qui, occasionnant surtout les inondations, a été l'objet des travaux entrepris à Nüssdorf pour garantir la capitale des glaces et des inondations.

La réunion des différents bras du Danube en un seul et la régularisation du cours du canal avaient préoccupé depuis longtemps les esprits; mais ce n'est que depuis l'essor donné par les chemins de fer aux grandes entreprises que l'on a songé à entreprendre sérieusement ces travaux. Le projet définitif est dû à la grande Commission instituée en 1866, composée de membres du Gouvernement, de représentants du pays, de représentants de la ville de Vienne et d'ingénieurs délégués à cet effet, Commission présidée par le Ministre de l'intérieur, et dont M. Engerth avait l'honneur d'être rapporteur. Cette Commission décida de creuser au Danube un lit nouveau suivant une ligne peu courbée dans la direction de son ancien parcours, la plus rapprochée de la ville de Vienne. Les dépenses pour ce grand travail furent estimées à 70 millions de francs environ.

Aujourd'hui la régularisation est complètement terminée jusqu'à la

sortie du canal et on se propose de la continuer jusqu'à la frontière de Hongrie.

La réalisation du projet d'ensemble a comporté aussi l'emploi d'un barrage mobile placé à l'entrée du canal, devant satisfaire à cette double condition de s'opposer à l'invasion des glaces, tout en laissant circuler l'eau nécessaire aux besoins du canal. Ni les écluses, ni les barrages en usage ne pouvaient remplir ce double but.

M. Engerth pensa que pour fermer le canal, la meilleure solution à adopter était l'emploi d'une « porte flottante » sous laquelle l'eau pût passer librement, mais qui arrêtât les glaces flottant à la surface. Pour comprendre le rôle de cet appareil, il est nécessaire d'indiquer en quelques mots le mode de formation des amas de glace.

Lorsque, par l'effet de l'abaissement de la température extérieure, l'eau se refroidit, elle commence à cristalliser et forme de petits glaçons qui n'ont encore aucune consistance; peu à peu, à la faveur du froid, qui devient plus intense, les glaçons s'agrandissent, et si l'un d'eux rencontre un obstacle quelconque, les autres se groupent autour de lui, se soudent, et forment ainsi une masse qui devient de plus en plus importante; la formation de cette masse se propage à l'amont, s'épaissit, augmente en profondeur, et la section laissée à l'écoulement du liquide diminue en même temps. L'eau est amenée ainsi à s'élever, dans cette période, à des hauteurs de 3 et 4 mètres. Peu à peu le fleuve se couvre de glaces dans toute sa largeur et sur une longueur qui atteignait cette année jusqu'à 90 kilomètres en amont de la ville de Vienne. Si le froid continue, la surface entière se congèle, et cette croûte, tout à fait unie et compacte, acquiert une profondeur d'autant plus grande que le froid continue à sévir plus longtemps; elle avait, cette année, plus de 1 mètre d'épaisseur. Survienne ensuite un temps plus doux; la glace s'échauffe à la surface, devient moins dure, travaillée par l'action de l'eau et du soleil, se fendille, se brise; il se forme des ouvertures, des espaces libres où l'eau apparaît; c'est alors que se produit dans toute la masse un mouvement de translation; elle avance jusqu'à ce qu'elle rencontre un obstacle capable de l'arrêter, et c'est là qu'est le plus grand danger. La glace entre dans le canal, s'arrête et forme barrage; les eaux montent et tous les points les plus bas de la ville se trouvent inondés; c'est ce qui s'est passé souvent antérieurement, et surtout en 1871 qui est l'année des dernières grandes inondations.

M. Engerth retrace un tableau très saisissant de la grande débâcle de 1871 et des dangers que l'inondation a fait courir aux populations des environs.

En outre, comme les rives du canal sont plus basses que celles du Danube, il était nécessaire, en temps de hautes eaux, d'abaisser le niveau de l'eau dans le canal, par rapport à celui de l'eau dans le grand bras du Danube. On jugea suffisant un abaissement de $0^m,60$ à 1 mètre.

Le but de la porte flottante n'était donc pas seulement d'arrêter les glaces, elle devait aussi, au besoin, permettre de pouvoir diminuer l'orifice d'en-

trée de l'eau dans le canal comme le ferait une vanne, de façon à abaisser le niveau de l'eau dans celui-ci.

La porte flottante avait donc à satisfaire à deux conditions : la première, d'être très robuste pour résister à l'effort des glaçons dont il fallait détruire la force vive; la seconde, de pouvoir être abaissée à volonté, jusqu'au point où l'on obtiendrait la dépression voulue.

Les conditions d'établissement de cet appareil sont autres que celles des *bateaux-portes* employés dans les docks, d'une part à cause de la faible hauteur dont on dispose (dans les basses eaux, les bateaux ne peuvent avoir un tirant d'eau supérieur à $1^m,32$ ou $1^m,34$), ensuite, à cause de la largeur considérable du canal, qui est en ce point de 50 mètres. Il a donc fallu donner à l'appareil une grande largeur. On a de plus dû adopter pour les parois une forme rectangulaire, afin d'arrêter sûrement les glaçons; on ne pouvait adopter une forme de bateau, qui aurait eu pour effet de faire plonger les glaces et de faciliter leur passage sous le bateau.

En fait, la « porte flottante » est construite dans la partie appelée à résister, à peu près sur le principe des ponts en fer; elle se compose de 3 poutres en fer, l'une en bas, l'autre au milieu, et la troisième en haut, réunies entre elles de façon à constituer un ensemble rigide.

On a dû se préoccuper également des moyens de faire descendre l'appareil. A cet effet, on l'a partagé en 5 compartiments étanches, dont les cloisons ont aussi pour but de consolider la construction.

Ces compartiments peuvent ainsi être remplis ou vidés isolément les uns des autres; ils sont munis de soupapes Kingston. Sur la porte sont installées des machines à vapeur commandant des pompes centrifuges, des grues, des cabestans, et enfin tout l'outillage nécessaire à la manœuvre. Il est à remarquer que la porte flottante, au lieu de se trouver à la bifurcation du grand bras avec le canal, est reportée à 160 mètres dans l'intérieur de celui-ci. Le choix de cet emplacement a été dicté par la pensée d'éviter à la porte le choc direct de la glace, en profitant de l'amortissement qui se produit sur la masse déjà amoncelée.

La porte flottante s'appuie par l'intermédiaire de glissières en bois de chêne très fort, d'un côté sur le quai construit en granit, et de l'autre sur une porte mobile, dite porte d'appui, et qui une fois retirée permet d'ouvrir la porte flottante à l'aval.

Une porte intermédiaire, dite porte de résistance, et en fer comme la porte d'appui, reporte la pression sur la maçonnerie du quai.

La porte de résistance est arc-boutée sur la porte mobile d'appui et pour la dégager, on agit sur une crémaillère pour commencer le mouvement qui s'achève ensuite de lui-même par la pression des eaux.

M. Engerth décrit ensuite l'installation faite pour mettre en place la porte flottante, problème qui offrait une certaine difficulté à cause du courant de l'eau et des glaces au moment où cette opération devait avoir lieu. Le principe est de retenir la porte au moyen de chaînes qui s'enroulent sur des bittes en fonte ou poteaux d'amarrage, et qu'il suffit de lâcher pour amener

l'appareil dans la position qu'il doit occuper; le frottement des chaînes sur les gorges héliçoïdales des bittes, combiné avec l'emploi d'un treuil à frein, permet de conduire la manœuvre avec toute sécurité.

Le fonctionnement de la porte flottante a commencé dès 1873 et a été pour la première fois éprouvé en temps de débâcle considérable en 1876, et l'on a pu constater que les glaces étaient arrêtées à l'entrée du canal, qui restait ainsi presque limpide; à la suite de cette débâcle, la fonte des neiges et des pluies continues menaçant de donner lieu à une inondation, M. Engerth a fait descendre la porte flottante de façon à diminuer l'orifice d'écoulement pendant la période des crues, et produire ainsi une dépression d'environ 1 mètre dans le canal.

Pour empêcher la porte flottante de descendre trop bas, dans le cas où les glaces arrêtées par elle en amont causent une dépression à l'aval, autant que pour maintenir la porte à la hauteur voulue, elle est reliée par des écrous à quatre pilots, ou jambes d'appui, manœuvrés à l'aide de vis et prenant appui sur de petits piliers en fonte reposant sur le radier. L'expérience a été faite de laisser reposer la porte, dont le poids total est d'environ 400 tonnes, sur ses quatre jambes de force, en dehors de l'eau.

Comme il est à craindre que des glaçons isolés viennent s'engager sous la porte et passer dans le canal, M. Engerth a eu l'idée de garnir la porte flottante, dans sa partie inférieure, d'aiguilles de barrage en acier, très solides, presque verticales et appuyées d'une part sur le bateau et de l'autre en bas sur des sommiers fixés au radier en béton existant sous la porte, et dont l'épaisseur en ce point est de $1^{m},40$. Ce radier a été établi dans le but d'éviter les affouillements résultant du mouvement de l'eau, dont la vitesse est considérablement augmentée au passage sous la porte. La pose des sommiers a dû être faite sous une hauteur d'au moins 4 mètres d'eau, ce qui ne laissait pas que d'offrir quelques difficultés. M. Engerth a cependant réussi à les établir dans le délai très court de deux mois, pendant la période des basses eaux, et ce travail a été effectué avec toute l'exactitude désirable.

La grande débâcle de l'hiver dernier a prouvé l'efficacité du rôle de la porte flottante, qui, placée à l'apparition des premiers glaçons, a résisté à la violence du mouvement des glaces. Depuis cent ans, en effet, on n'avait pas éprouvé des froids aussi intenses : le Danube était pris sur une grande partie de son parcours ainsi que ses affluents, ce qui avait donné lieu à des amoncellements de blocs de glace considérables.

Pendant le mois de novembre 1879, les glaces se sont arrêtées au delà de Presbourg, en s'accumulant successivement jusqu'à Ibs, avant Linz.

A la hauteur de Vienne, la glace a envahi le fleuve dans toute sa profondeur, comme on a pu le constater par des sondages; il ne restait que quelques passages par où les eaux pouvaient s'infiltrer; à la fin de décembre, le temps est devenu plus doux, et le mouvement de la débâcle a commencé le 2 janvier. M. Engerth présente un diagramme qui indique les hauteurs d'eau dans le Grand-Danube à Nüssdorf et dans le canal à l'aval de la porte

flottante, pendant la première semaine de janvier dernier; la différence des ordonnées relatives à ces deux courants indique la dépression produite par la présence de la porte flottante. Il est même arrivé que les glaces amoncelées devant cet obstacle ont fermé presque complètement le passage inférieur, et une décroissance rapide a eu lieu dans le canal, comme l'indique le diagramme; puis, la débâcle s'étant opérée dans le grand bras du fleuve, le niveau du canal a remonté; l'action très énergique des glaces a eu pour effet de courber les aiguilles de barrage, malgré leurs fortes dimensions; mais M. Engerth fait observer que cet inconvénient n'est pas aussi grave qu'on pourrait le croire; car, s'il y a dans l'appareil une partie faible qui doit céder, il préfère laisser ce rôle aux aiguilles, afin de ménager le reste de la construction. Il n'y a d'ailleurs aucune difficulté à adopter pour l'avenir des aiguilles plus fortes, sans rien modifier au reste de la construction.

Pendant le temps de la débâcle et la période qui précédait, il s'est produit un spectacle curieux de voir le Grand-Danube rempli de glaces, un amoncellement de glaçons sur la porte flottante, tandis que l'eau du canal était parfaitement limpide et qu'on y avait établi un passage en bac pour le service public.

M. Engerth pense que les quelques considérations qu'il vient de présenter, bien que très sommaires et incomplètes, pourront cependant donner une idée des grands travaux de régularisation du Danube et du rôle de la porte flottante; il espère d'ailleurs que l'on trouvera dans le Mémoire qu'il se propose de publier sur ce sujet des détails plus précis, et termine en remerciant ses collègues de la bienveillante attention qu'ils ont bien voulu lui prêter.

M. LE PRÉSIDENT est sûr d'être l'interprète de tous les assistants en remerciant au nom de la Société M. le baron Engerth, pour la communication très importante et très intéressante qu'il a bien voulu nous faire et pour les plans et dessins qu'il veut bien nous laisser pour nos archives.

Il salue en sa personne, non seulement l'éminent ingénieur que ses travaux et les services rendus ont conduit à la Chambre des Seigneurs d'Autriche, mais encore l'ancien Président de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, à qui il le prie de transmettre l'expression de nos sympathiques souvenirs.

MM. Barret, Bonnet, Brion, Bougault, Boudier, Bouniol, Broca, Chanove, Faure, Gatget, Guitton, Latour, Mauger, Morpain, Renard, Robineau et Rymkiewiez ont été reçus Membres sociétaires et MM. Delamare et Lambert, Membres associés.

Séance du 16 Avril 1860.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 avril est adopté.

M. LE PRÉSIDENT désire ajouter un mot à la communication faite dans la dernière séance par M. le baron Engerth, sur les travaux de régularisation du Danube; ces gigantesques travaux qui se poursuivent encore ont été exécutés par une entreprise française, à la tête de laquelle ont figuré MM. Castor, Hersent et Couvreux.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Elwell père.

Il annonce également que M. Charles Guillaume vient de recevoir la croix de grand officier de l'Ordre de François-Joseph, et que M. Bernard a été fait chevalier de l'Ordre de Léopold.

CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT BELGE.

L'ordre du jour appelle la communication d'une lettre de M. Molinos sur la question des chemins de fer de l'État belge :

Monsieur et cher Président,

Les hommes qui ont souci des affaires de leur pays, et auxquels la question des chemins de fer cause de légitimes préoccupations, ont recueilli, avec un vif intérêt, les paroles si justes et si frappantes que vous avez prononcées à la séance d'ouverture de la Société des Ingénieurs civils. En mettant en relief les observations que votre expérience vous permettait de présenter sur l'exploitation des chemins de fer, vous avez démontré, avec une autorité indiscutable, les conséquences fâcheuses qu'entraîne le monopole, aux mains de l'État, de la construction et de l'exploitation des voies ferrées.

Chaque jour, des arguments puissants en faveur de l'initiative privée, viennent s'ajouter aux considérations qu'on a fait valoir jusqu'ici pour condamner et repousser l'intervention de l'État.

C'est ainsi qu'un élément nouveau d'un intérêt considérable s'introduit aujourd'hui dans le débat avec toute l'autorité d'un document officiel.

Le rapport fait par M. le Hardy de Beaulieu, à la Chambre des représentants de Belgique, sur le budget du Ministère des travaux publics, pour l'année 1880, jette en effet une vive lumière sur l'exploitation des chemins de fer par l'État.

Ce système d'exploitation est appliqué depuis longtemps en Belgique. On a pu, en conséquence, en apprécier, par la pratique, les avantages et les inconvénients. C'est le jugement de l'expérience qui est prononcé par M. le Hardy de Beaulieu, au nom de la Commission du budget.

Ce rapport mériterait d'être reproduit en entier; mais, outre qu'il s'applique à l'ensemble du budget du Ministère des travaux publics, il contient, dans la partie spéciale aux chemins de fer, un certain nombre d'indications qui n'ont qu'un intérêt local. Je me suis contenté d'en extraire seulement les passages, d'ailleurs assez nombreux, qui touchent à des questions générales, et où l'on peut puiser des renseignements pratiques.

Permettez-moi, Monsieur et cher Président, de vous les signaler :

Dès les premières pages, M. le Hardy de Beaulieu fait remarquer que « le budget du Ministère des travaux publics ne ressemble que par quelques points à ceux des autres ministères. Ceux-ci sont établis sur des bases à peu près fixes, fondées sur des lois et des règlements, peu variables de leur nature, et sur lesquels la volonté des ministres ou de l'Administration ne peut avoir qu'une action éloignée... Il en résulte qu'on peut prévoir la dépense des divers ministères et par suite en dresser le budget assez longtemps d'avance. Il n'en est pas de même, dit-il, pour le budget du Ministère des travaux publics... depuis qu'à la partie administrative s'est jointe une exploitation commerciale qui prend chaque jour des développements plus considérables et dont les progrès, comme les temps d'arrêt ou de recul, sont absolument indépendants de la volonté, de l'action ou de la prévision du Ministère ou de son administration. . . . . .

« Il résulte de ce fait de l'instabilité des dépenses du Ministère des travaux publics, combiné avec l'incertitude des recettes auxquelles il donne lieu, que le budget peut toujours devenir, au moment où l'on s'y attend le moins, une cause de perturbation pour l'équilibre qui doit nécessairement exister dans tout État bien administré, entre les recettes et les dépenses. »

M. le Hardy de Beaulieu rappelle que la crainte de voir la ligne d'Anvers au Rhin passer entre les mains des Orangistes, ces gros financiers, dont l'influence était à cette époque considérable en Hollande et en Belgique, avait conduit le Gouvernement à construire et à exploiter cette ligne par ses propres agents. Il montre ainsi, tout d'abord, que des considérations d'ordre essentiellement politique ont seules obligé l'État belge à se charger de l'exploitation de ses premiers chemins de fer. Des motifs analogues, on le sait, l'ont amené ultérieurement à racheter le Grand-Central belge et la ligne de Bruxelles à la frontière luxembourgeoise convoités par des banquiers allemands et une société française.

Après avoir examiné les circonstances diverses qui ont conduit le Gouvernement à persister dans cette voie, le rapporteur appelle l'attention de la Chambre sur l'immense responsabilité que cette exploitation crée à la nation et il recherche les moyens par lesquels on pourrait l'alléger ou la supprimer.

Il fait remarquer que tous les habitants d'un pays ne profitent pas également des avantages directs ou indirects que procurent les chemins de fer: que les uns, mal desservis par les voies nouvelles, ont vu leur commerce et leur industrie péricliter; tandis que d'autres, mieux placés, ont vu leur prospérité s'accroître sans que les bénéfices de l'un puissent compenser les pertes de l'autre.

« Il est donc juste, ajoute-t-il, envers ceux-là au moins, de faire que jamais les chemins de fer exploités ne deviennent une charge pour eux.

« On a dit aussi que les transports sont un service public au même titre que la poste; la comparaison n'est ni exacte ni vraie. La poste sert à tout le monde, au même prix, depuis la réforme postale, et tout le monde peut s'en servir aux mêmes conditions. Si l'État devait les transports comme service public, il les devrait à tous, à conditions égales.

« Mais tout est anormal dans l'organisation des transports aux frais de l'État. Dans une entreprise particulière, ce sont ceux qui courent les risques, qui gèrent, qui dirigent et qui sont responsables. En fait personne n'est responsable, dans le sens juridique du mot, dans le système de l'administration par l'État. La seule responsabilité qui garantisse le pays, c'est celle de l'homme politique qui occupe momentanément le Ministère des travaux publics.

« La Belgique a eu l'heureuse chance d'avoir, jusqu'ici, trouvé, dans tous les partis, des hommes capables et intelligents qui ont su faire face à cette charge si lourde. Il est à espérer qu'elle sera aussi heureuse à l'avenir; mais il n'est pas moins anormal, pour le pays responsable en fait, comme pour le ministre responsable en droit, de n'avoir qu'une action incertaine, éloignée, sur la véritable administration qui, par sa constitution même, son recrutement et son organisation, doit nécessairement tendre à devenir routinière et peu accessible aux idées nouvelles, aux progrès qui se produisent dans tout le travail humain.

« Il résulte de là que nos chemins de fer d'État sont dirigés, administrés et contrôlés administrativement, au lieu de l'être commercialement. De là des tiraillements, des conflits d'intérêts avec le public, qui se traduisent sans cesse en pertes de forces et d'argent.

« De cette situation, il résulte aussi ce fait constaté, chaque jour, sur tous les points des pays desservis par les chemins de fer de l'État : c'est l'administration qui fait la loi au commerce et à l'industrie, qu'elle traite en serviteurs ou en vassaux, suivant le cas, tandis qu'elle n'est que l'agent, le fondé de pouvoirs du public auquel elle prétend commander.

« De là des conséquences diverses, souvent préjudiciables au public, et qui se traduisent forcément en diminutions de trafic et de recettes. »

M. le Hardy de Beaulieu, après avoir reconnu l'impossibilité matérielle où se trouvent une commission et son rapporteur de vérifier les éléments d'une aussi vaste entreprise, autrement que par les données qui leur sont fournies par l'administration même qu'ils doivent contrôler, établit le défaut de concordance qui existe entre les chiffres portés au compte rendu de l'administration et la situation donnée par le Trésor, au 31 décembre 1878, et constate un écart de plus de 88 millions entre les deux comptabilités. Il compare les résultats d'ensemble de l'administration des chemins belges avec les résultats puisés dans les comptes rendus d'entreprises étrangères, dont l'administration répond à peu près à celle des chemins belges, et montre par cette comparaison que les 811 kilomètres de chemins de fer et leurs dépendances construits par l'État belge, ont coûté en moyenne 580,000 fr. par kilomètre, non compris le matériel de transport d'une valeur moyenne de 75,350 francs. En rapprochant ces chiffres de ceux donnés par les lignes anglaises, le Nord et l'Est français, M. le Hardy de Beaulieu reconnaît que le réseau belge a coûté presque aussi cher que les lignes anglaises, bien mieux établies, mieux combinées, et qu'il a coûté beaucoup plus cher que les chemins français du Nord et de l'Est.

Comparant ensuite les produits des transports, en voyageurs et marchandises, sur ces mêmes lignes, et les dépenses générales d'exploitation, il en dégage l'infériorité de la recette kilométrique des chemins de l'État belge d'une part, et d'autre part l'exagération de leurs dépenses.

Il recherche quelles sont les causes de cette infériorité, et les trouve dans le fait de l'exploitation par l'État.

«, Il est évident, dit-il, qu'une grande administration publique n'a pas et ne peut pas avoir la souplesse et la liberté d'allures qui convient à une opération commerciale, tandis qu'il est absolument impossible de façonner le commerce et l'industrie aux mouvements précis et réguliers que semble parfois vouloir leur imposer l'Administration. La promptitude du coup d'œil et la rapidité d'exécution sont de première nécessité pour le commerce et souvent aussi pour l'industrie; parfois ils préféreraient avoir payé de forts tarifs plutôt que d'être retardés dans leurs opérations. Une administration publique et même les Compagnies privées, d'après notre système de concession de péages et de tarifs, ne peuvent se plier à ces exigences. Elles doivent répartir leur service aussi exactement que possible entre tous, quelques-uns fussent-ils disposés à payer un prix plus élevé du service demandé. En un mot, pour les transports par chemins de fer, la règle primordiale de l'offre et de la demande n'existe pas et c'est même la crainte que cette règle ne puisse recevoir son application par des concessionnaires intéressés à obtenir la plus forte rémunération possible de leurs services, qui a poussé le sentiment public et pousse encore en Belgique le Gouvernement à reprendre toutes les concessions particulières.

« Il en résulte que si, par suite des variations incessantes de l'offre et de la demande, dans le commerce, celle-ci grandit inopinément ou même avec persistance dans une partie du pays, le matériel fait défaut pour y faire face; si l'Administration voulait emprunter le matériel moins demandé, mais pourtant utilisé dans une autre section du réseau, elle soulèverait des plaintes et des récriminations de toutes parts. Il s'ensuit qu'à l'encontre de toutes les autres industries, celle des transports exploités par l'État peut voir la prospérité, la hausse de tous les objets de consommation et de tous les services, devenir la cause de ses déficits et même de sa ruine, si la situation se prolongeait quelque peu.

« Il faut nécessairement se rendre compte de cette situation pour juger avec impartialité les divers incidents administratifs qui ont, dans ces derniers temps, donné lieu à des critiques, à des récriminations souvent exagérées, tant de la part des intéressés que du public en général.

« On s'est plaint du manque de matériel, particulièrement dans les districts charbonniers; or, les mêmes gens qui se plaignaient faisaient, dit-on, voyager les wagons de nos chemins de fer en France, en Allemagne ou ailleurs. D'autres réclamaient vingt wagons, n'en ayant besoin que de dix, personne ne se prêtant à aider l'administration à sortir d'embarras, de crainte que ses efforts ne profitassent au voisin. C'est la part de torts du public, mais l'administration n'est pas non plus sans reproche.

« Sa manie de vouloir tout régler, tout diriger de ses cabinets bien chauffés de Bruxelles, a fait faire plus d'une fausse manœuvre au matériel qui parfois encombrait certaines gares où il y avait pléthore, tandis qu'à quelques lieues de là, les voies de chargement étaient vides; de là des réclamations qui ne se fussent pas produites si le matériel n'eût pas voyagé. »

Le rapport parle encore d'autres plaintes relatives à des taxes arbitraires, aux billets d'aller et retour qui ne peuvent servir au retour sans entraîner des difficultés et des désagréments, à la tarification de certains trajets pour lesquels on ferait payer plus dans un sens que dans l'autre, à la taxe perçue pour parcours de wagons sur embranchements particuliers, alors que le parcours se fait aux frais des propriétaires.

M. le Hardy de Beaulieu s'occupe de la question des tarifs. Il s'élève avec force contre ceux qui pensent que l'État devrait faire les transports, en n'exigeant que le remboursement matériel de ses avances, laissant aux contribuables la charge de payer l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés dans l'entreprise.

« Cette théorie, dit-il, est très dangereuse surtout pour l'industrie et pour l'agriculture belges. Nous l'avons déjà fait remarquer dans une autre partie de ce rapport. Elle exposerait non seulement l'État exploitant des chemins de fer qui, lui, ne peut se soustraire aux effets de l'offre et de la demande, à devoir transporter presque gratuitement des charbons et des fers, lorsqu'il les paierait très cher, mais encore à voir sa dette et ses impôts augmenter sans cesse.

« La Commission royale d'enquête sur les chemins de fer en Angleterre, appelée à se prononcer sur l'utilité du rachat des chemins de fer par l'État (les concessions y sont perpétuelles), en vue de pouvoir abaisser les tarifs et rendre les relations plus faciles entre les divers points de ce pays, a conclu contre cette proposition, en faisant valoir, entre autres raisons, que les hauts ou les bas tarifs sont indifférents aux consommateurs qui, dans tous les cas, ne paient que le prix du marché actuel sans tenir compte des prix de revient, de transport ou autres.

« Les bas tarifs belges n'ont pas empêché les charbons, les fers et tous les produits industriels d'acquérir une plus-value énorme en 1872.

« En exagérant les bénéfices des industries que la hausse correspondante du prix des transports plus demandés eût nécessairement amoindris, ils ont appelé cette concurrence exagérée qui, plus tard, a largement contribué à exagérer à son tour la dépression des prix et à la prolonger.

« Il faut s'élever au-dessus des intérêts immédiats et envisager la question de plus haut et de plus loin; il faut voir, dans tous les pays qui entourent la Belgique ou qui luttent avec elle sur les marchés du monde, les Compagnies de chemin de fer amortir leurs capitaux, rembourser leurs obligations et annuler successivement leurs actions par des remboursements annuels. Il arrivera donc un jour, peu éloigné, dans la vie des peuples où ces concessions feront retour à l'État, quittes et libres de toutes charges quelconques.

« Quelle sera, à ce moment, la situation de la nation industrielle qui aurait, sous prétexte que nos enfants auront aussi la jouissance des chemins de fer construits par la génération présente, négligé d'amortir le capital et de se libérer progressivement? Notons en passant que l'Angleterre et les États-Unis amortissent rapidement leur dette nationale pendant que leurs Compagnies éteignent le coût des chemins de fer.

« Il résulte clairement de tout ceci que les chemins de fer doivent pourvoir par leurs produits, non seulement à leur entretien et à leur exploitation, mais aussi au payement des intérêts et de l'amortissement du capital qui est engagé. »

Passant à l'examen des questions relatives aux dépenses d'administration, d'entretien et d'exploitation, le rapporteur fait la remarque suivante relativement au personnel.

« Le point, dit-il, sur lequel la section centrale a voulu attirer l'attention du Ministre et de l'Administration, c'est la nécessité de restreindre le personnel au strict nécessaire, afin de pouvoir mieux le rémunérer. Il vaut mieux exiger plus d'heures de services, plus d'activité, plus de vigilance, sauf à le payer en conséquence, que de multiplier les emplois et de créer un personnel nombreux et plus difficile à diriger à raison de son nombre.

« Le personnel des chemins de fer de l'État est beaucoup plus nombreux, en raison de l'étendue de ses lignes et du trafic, que celui des Compagnies particulières faisant des transports plus considérables. Il faut veiller à ce que cette proportion excédante ne devienne pas excessive. Trop

souvent, le personnel de l'État prend ses aises, arrive tard et part avant l'heure, et morigène le public par-dessus le marché, s'il montre de l'impatience. »

Le rapport constate ensuite la difficulté pour une administration publique de gérer une entreprise aussi commerciale que l'exploitation d'un réseau de chemins de fer, et cite un incident qui s'est produit au sujet d'une adjudication de rails d'acier pour l'entretien et le renouvellement des voies.

L'Administration, au mois de septembre, avait mis en adjudication une fourniture de 12,000 tonnes de rails en acier. Elle avait trouvé élevé le prix de 129f,11 qui lui était demandé. Une nouvelle adjudication a lieu au mois d'octobre. Le prix des rails d'acier s'élève à 138f,34. Nouveau refus. Nouvelle adjudication. Enfin, le 17 décembre on arrive au prix de 189 francs pour les rails d'acier et c'est à ce chiffre que le marché a dû être conclu.

« La Chambre, ajoute le rapport, se trouve donc en présence d'un fait regrettable sans doute au point de vue de l'exploitation économique des chemins de fer de l'État, mais très heureux pour l'industrie. Une administration publique, bien que composée d'hommes habiles et éminents dans leur spécialité, n'aura jamais le flair commercial que l'on acquiert dans les luttes incessantes de l'industrie et du commerce privés. La liberté et le pouvoir de se décider à l'instant leur fait défaut. Et si celui-ci a ses avantages dans certains moments, ses inconvénients sont visibles dans d'autres.

« Les sources d'informations, d'ailleurs, ne sont pas non plus les mêmes, ni aussi sûres, ni aussi rapides. De plus, on n'ose pas négocier avec une administration publique comme avec un particulier; c'est dans la nature même des choses. »

Le rapporteur s'occupe ensuite de la question de la location de wagons qui se pratique dans des pays voisins.

« Nous avons déjà indiqué, dit-il, quelques-unes des raisons qui font que notre matériel est utilisé d'une façon moins fructueuse pour le commerce et l'industrie, par l'État, que celui d'autres réseaux. En Angleterre et en Amérique, on remédie à ces déficits inévitables, même si le matériel était surabondant, en admettant plus facilement et à des conditions plus favorables le matériel étranger sur les voies. En Angleterre, les Compagnies exploitantes trouvent facilement du matériel en location temporaire; les grands ateliers de construction en ont toujours en avance qu'ils louent, quand ils ne peuvent les vendre, et des sociétés spéciales possèdent un matériel nombreux qui est loué aux particuliers et aux Compagnies.. . . . . .

« Le monopole de plus en plus complet de l'exploitation par l'État rend presque impossible le mode d'alléger par la location de wagons, le capital immobilisé de cette entreprise. »

Au sujet des accidents et de la responsabilité qui en résulte, le rapporteur s'exprime ainsi :

« L'Administration, en acceptant le monopole des transports, a, par ce

fait, accepté toute la responsabilité ; elle s'engage envers le public à le transporter sans accident, sinon sans danger, et elle s'oblige, par le fait même de ce monopole, à réparer tous les dommages qui ne sont pas imputables au voyageur lui-même ou à l'expéditeur, s'il s'agit de marchandises. »

Il estime qu'une assurance spéciale dont le prix serait ajouté à celui du transport, pourrait couvrir les risques d'accidents.

« Ce qui n'est pas admissible, dit-il, c'est qu'un voyageur qui a confié sa personne aux soins de l'Administration, fût-il pauvre, misérable ou sans appui, puisse être repoussé comme si l'accident ne le concernait en aucune façon. Il y a dans ce fait seul quelque chose qui choque à la fois le bon sens et l'humanité. »

En terminant la partie de son rapport relative aux chemins de fer de l'État, M. le Hardy de Beaulieu expose que l'idée d'établir la comptabilité de l'exploitation sur les bases commerciales a été souvent préconisée par les Chambres et que le Ministre actuel l'a mise en pratique.

Il montre que « le premier résultat de cette comptabilité nouvelle a été de constater pour l'exercice 1878, un excédent de dépenses sur les recettes de francs 3.342.401, 87 centimes.

« Il y a longtemps que ces insuffisances étaient signalées, mais les membres de la Chambre n'ont pas toujours les éléments ou le temps nécessaires pour les rechercher dans le fatras des documents officiels. »

Il ajoute enfin, résumant son avis sur l'ensemble des services dépendant du Ministère des travaux publics.

« Cette revue sommaire de tous ces services nous montre que tous sont en perte, même en ne comprenant que pour mémoire l'intérêt des capitaux engagés. Les chemins de fer seuls paient une partie de leurs intérêts. Il n'est pas douteux que les mêmes services confiés à l'activité intéressée de particuliers donneraient des bénéfices et très probablement, pour ne pas dire certainement, donneraient en même temps une plus grande somme d'utilité à ceux qui s'en serviraient, car l'intérêt privé sait mieux se plier aux exigences variables du commerce et de l'industrie, tandis que les administrations publiques se croient volontiers supérieures à ces mesquines préoccupations et prennent trop souvent leur montre pour mesurer leur activité. »

Tels sont, Monsieur et cher Président, les documents que je tenais à porter à votre connaissance. Ils confirment les conclusions auxquelles vous étiez arrivé dans votre étude sur la question des chemins de fer et viennent compléter la communication faite à la Société des Ingénieurs civils par un certain nombre de nos Collègues, dans la séance du 5 mars dernier.

A ce double titre, j'ai pensé que vous les liriez avec intérêt.

Agréez, etc.

Signé : L. Molinos.

M. LE PRÉSIDENT renvoie la discussion qui pourrait être soulevée à ce sujet à la fin de la séance, et donne la parole à M. Cotard, pour sa communication sur les VOIES NAVIGABLES.

M. COTARD rappelle les diverses communications faites dans les dernières séances sur les conditions d'établissement et d'exploitation des chemins de fer et sur les résultats à attendre de l'extension de leur réseau. Il lui a paru utile, pour compléter cette étude, de faire un examen analogue relatif aux voies navigables et de se rendre compte de la part que les transports par eau peuvent être appelés à prendre dans le développement de notre circulation intérieure. Il se propose aussi de montrer que la question des tarifs et du rachat des chemins de fer par l'État est étroitement liée à celle des canaux qui, seuls, peuvent permettre à la fois, de multiplier les voies de communication, tout en réduisant les prix moyens de transport. Il compare dans ce but les canaux aux chemins de fer, aux divers points de vue du coût d'établissement, des dépenses d'entretien, et met en parallèle la puissance respective de ces deux instruments de transport ainsi que leur importance économique.

D'après les documents officiels publiés par le Ministère des travaux publics, le montant total des dépenses faites au 31 décembre 1870, pour un ensemble de 11,088 kilomètres de canaux et rivières, s'élevait à la somme de 1,183,157,000 francs; d'où résultent les prix kilométriques suivants :

Canaux.	165,300 francs.
Rivières canalisées	75,200 —
Rivières non canalisées.	49,000 —

En ajoutant à ces chiffres la part proportionnelle des 450 millions prévus pour l'amélioration de ces diverses voies navigables, on trouve que le coût total des voies améliorées sera pour les canaux de 205,300 francs, et, pour les canaux et rivières canalisées, de 165,000 francs.

Passant en revue les prix d'établissement des canaux principaux nouvellement projetés et se basant sur divers prix de construction de canaux dans d'autres pays, M. Cotard arrive à évaluer le coût moyen de canaux principaux établis dans de bonnes conditions et d'après les nouveaux types adoptés, à un maximum de 250,000 francs par kilomètre, y compris les intérêts des capitaux pendant la construction.

Le coût d'établissement des chemins de fer existants a dépassé de beaucoup ce chiffre. Il a été, pour les 20,284 kilomètres exploités au 31 décembre 1876, de 445,000 francs par kilomètre.

Certains chemins de fer ont été construits à des prix exceptionnellement bas; mais quelques canaux ont aussi coûté fort peu, et ces quelques cas n'infirment pas les moyennes ci-dessus, d'où il ressort que la dépense d'un chemin de fer est à celle d'un canal, construit dans ces mêmes conditions, dans le rapport de 3 à 2 au moins, et cela sans compter la dépense du matériel roulant qui augmente encore notablement cette proportion.

Poursuivant la comparaison, M. Cotard établit que la dépense d'entretien

est de 1,800 francs par kilomètre sur les canaux et de 5,750 francs sur les chemins de fer, et que les frais d'exploitation et de traction peuvent être fixés au maximum à 1c,25 sur les canaux, tandis qu'ils sont en moyenne de 3c,25 sur les chemins de fer. D'où cette conclusion que les canaux nouveaux ou améliorés présenteront sur les voies actuelles une économie d'environ 45 pour 100 sur ce coût d'établissement, de 65 pour 100 sur les dépenses d'entretien et de 60 pour 100 sur les frais spéciaux de transport.

M. Cotard calcule ensuite les prix de revient effectifs de l'unité kilométrique transportée par les canaux et les chemins de fer, en y comprenant les intérêts des capitaux engagés dans la construction, et trouve que, sur les réseaux du Nord, les seuls qui se trouvent dans une situation comparable, ces prix sont de 4c,86 pour le chemin de fer et de 2c,37 pour les canaux, ce qui donne une économie de 2c,49 en faveur des canaux et, pour le pays, sur les 950 mille tonnes kilométriques transportées sur ces canaux, une économie de 19 millions de francs par an et un intérêt de 20 pour 100 sur le capital engagé dans leur construction.

M. Cotard établit, d'autre part, que le prix de revient moyen de l'unité kilométrique transportée sur l'ensemble des chemins de fer est de 6c,04 et que ce prix, qui augmentera à mesure que les nouvelles lignes moins productives s'ajouteront aux lignes actuelles, atteindra et pourra même dépasser 17 centimes sur les nouveaux chemins de fer projetés. Il met alors en parallèle le prix de revient de la tonne transportée sur un premier réseau de 10,000 kilomètres de voies navigables bien aménagées auxquelles il suppose un trafic moyen de 450,000 tonnes, et arrive au chiffre de 3c,90, ce qui représente, sur le prix de l'unité transportée par voie de fer, l'économie de 2c,14, d'où résulte pour le pays une économie de 90 millions de francs par an sur les seuls transports actuels.

M. Cotard montre, d'après le mouvement de notre commerce extérieur, que le pays a besoin de produire à meilleur marché et que si de nouvelles voies de transport sont encore nécessaires, ce sont surtout celles qui permettent de transporter à bas prix, et que le développement de nos voies navigables peut seul abaisser la moyenne des prix moyens de transport. Partant de là, M. Cotard dit qu'en outre de tous les inconvénients, si souvent signalés, du rachat et de l'exploitation des chemins de fer par l'État, s'ajoute ce danger encore plus grand que l'État, une fois maître des chemins de fer, ne se montre pas disposé à faciliter l'amélioration et le développement de notre réseau de voies navigables.

M. Cotard termine par cette conclusion que, dans l'ensemble des travaux publics projetés, une plus large part devrait être faite au développement de nos voies navigables; que c'est le seul moyen d'abaisser la moyenne des prix de revient des transports et par conséquent d'arriver à des réductions de tarifs qui ne soient pas onéreuses pour le pays; et qu'enfin le rachat des chemins de fer par l'État, qui aurait pour conséquence de détourner l'État de la construction des voies navigables, serait de nature à ajourner pour longtemps toute possibilité d'atteindre le but qu'on se propose, qui est de

diminuer les dépenses de transport tout en ouvrant de nouvelles voies de communication.

M. Roy est au fond de l'avis de M. Cotard, qu'il faut développer les voies navigables, mais il a cependant des réserves importantes à faire. Pour fixer la Société sur ses opinions à cet égard, il rappelle qu'en 1878 il assistait à un Congrès international des moyens de transport, et il posait comme conclusion l'émission par le Congrès d'un vœu tendant à attribuer au budget des canaux une somme égale à la moitié de celle accordée au budget des chemins de fer. Il est donc loin d'être opposé à l'extension des canaux, mais il veut signaler un premier point relatif à l'achèvement du réseau de nos voies ferrées. On se base, pour les comparaisons à établir, sur l'ensemble du réseau français, tandis qu'on ne peut rationnellement comparer ce qui reste à faire avec ce qui a déjà été exécuté, dans un ordre d'idées différent, et d'une façon pour ainsi dire magistrale. Si l'on consulte la *Revue des chemins de fer*, on y trouve des tableaux statistiques indiquant les résultats d'exploitation pour l'ensemble des chemins d'intérêt local. Leur longueur totale était, l'année dernière, de 1800 à 1900 kilomètres, et leur dépense de premier établissement n'a pas dépassé, en moyenne, 124,000 francs; il faut ajouter du reste, que leur produit kilométrique net est de 396 francs. Il est certain que si l'État veut se charger de la construction des lignes nouvelles, il atteindra sans peine le chiffre de 200 à 250 mille francs; mais aussi M. Roy pense que tout le monde est unanime pour repousser le système de construction et d'exploitation par l'État.

En ce qui concerne les tarifs, M. Roy pense que le chiffre moyen de 6 centimes n'est pas celui qui convient pour établir une comparaison rationnelle avec les canaux, qui sont essentiellement destinés au transport des marchandises encombrantes; en effet, si le prix moyen de 6 centimes sur les chemins de fer comprend toutes les marchandises, celui qui est relatif aux matières pondéreuses ne dépasse pas 3 1/2 centimes. De plus, si dans l'établissement du prix de transport sur les canaux on fait entrer en ligne de compte l'intérêt et l'amortissement du capital dépensé, ainsi que les dépenses d'entretien, ce prix ressortira à 4 centimes. Enfin il arrive, malheureusement pour les canaux, que le parcours entre deux points est souvent de 50 à 66 pour 100 plus considérable que celui par chemin de fer.

M. Cotard fait observer que l'augmentation de parcours est souvent beaucoup plus grande sur les voies navigables actuelles, mais qu'il n'y a aucune comparaison à établir entre celles-ci et les canaux, tels qu'il les voudrait voir organisés. Il ajoute que M. Roy paraît confondre le *tarif* avec le *prix de revient* et que, si les tarifs de certaines marchandises sont de 3 1/2 centimes, le prix de revient de leur transport, y compris l'intérêt des capitaux dépensés, est bien supérieur à ce chiffre. Si on compte l'intérêt des capitaux pour les canaux, il faut aussi les compter pour les chemins de fer.

M. Roy répond que, quoi qu'on fasse, le parcours par eau sera toujours

supérieur à celui par chemin de fer, malgré les raccourcis qu'il sera possible de faire dans certains cas.

De sorte que si le transport par voie d'eau procure une économie de 35 pour 100 sur celui par voie de fer, cette économie est en quelque sorte annihilée par l'augmentation de la distance parcourue. M. Roy déclare qu'il est d'ailleurs partisan des canaux, mais il ne voudrait pas que dans le but de les faire valoir, on mît trop de choses à la charge de leur concurrent. Il a vu avec peine que l'année dernière les Chambres aient supprimé les droits de navigation, qui représentaient pour l'État tout au moins les frais d'entretien dans le budget des canaux, et il se demande pourquoi on ne supprimerait pas du même coup l'intérêt et l'amortissement du capital sur les chemins de fer, en les faisant payer au contribuable.

M. Marché partage sur certains points l'avis de M. Roy, et pense que dans la comparaison des canaux et des chemins de fer, il ne faut pas aller trop loin dans l'argumentation, sous peine d'être accusé de vouloir trop prouver. Ainsi M. Cotard dit qu'un canal coûte 250,000 francs le kilomètre et un chemin de fer 450,000 francs, mais le canal ne transporte que des marchandises et le chemin de fer a 50 pour 100 de son trafic dû au transport des voyageurs.

Ensuite, on prend pour terme de comparaison une voie navigable qui se trouve dans des conditions exceptionnelles, celle qui réunit les bassins houillers de la Belgique et du Pas-de-Calais à la capitale; mais on rencontrera rarement des conditions aussi favorables.

Il faudrait d'ailleurs, pour que la comparaison fût juste, mettre en regard de cette voie navigable, non pas la moyenne des chemins français, ni même le réseau du Nord, mais bien la ligne parallèle de Paris à Erquelines. On verrait alors, que si l'on tient compte de l'intérêt des 200,000 francs dépensés par l'État pour l'établissement des canaux (intérêt qui en somme est payé par les contribuables), ainsi que de l'entretien, on arrivera à diminuer beaucoup la différence indiquée. M. Cotard a dit lui-même que le trafic des canaux se créerait de toutes pièces et ne ferait pas grand tort à celui des chemins de fer, parce que ce trafic aura principalement pour objet le transport des matières pondéreuses : c'est pourquoi il faut sur les deux voies faire la comparaison des transports de même nature. Enfin il reste à signaler un dernier point : si le prix de revient de transport sur les nouvelles lignes de chemins de fer a augmenté par suite du faible trafic, un fait analogue se produit pour les canaux, lorsque ces canaux desservent des régions où le transport des marchandises pondéreuses a moins d'importance.

M. Cotard observe qu'il a parfaitement tenu compte de la part afférente au transport des voyageurs, et qu'en ce qui concerne la ligne de Lens à Paris, s'il l'avait considérée isolément et comparée à la ligne parallèle du chemin de fer, il serait arrivé à des résultats encore plus concluants, attendu que le canal de Saint-Quentin a un trafic très supérieur à celui en

petite vitesse de la ligne parallèle du chemin de fer. Mais, il a cru plus exact de se baser sur les moyennes obtenues respectivement sur l'ensemble des deux réseaux comparés. Il ne pense pas qu'on puisse soutenir que l'amélioration et le complément du réseau des voies navigables puissent amener une diminution dans leur fréquentation moyenne. C'est précisément l'effet contraire qui se produira. M. Cotard ajoute enfin, que d'après les propres calculs de M. Marché, le prix de revient de l'unité de petite vitesse sur les chemins de fer est au moins égal, sinon supérieur, à celui de l'unité en grande vitesse, et qu'en conséquence l'objection faite, sur ce point, ne paraît pas fondée. M. Cotard ne veut pas d'ailleurs entreprendre une discussion sur des chiffres et des arguments qu'il a pris soin de développer dans son mémoire, et il prie ceux de ses collègues que la question intéresse de vouloir bien se reporter à ce travail. Il a voulu seulement, dans le résumé qu'il vient de présenter, faire ressortir ce fait : que sur les chemins de fer, le prix de revient du transport de l'unité augmentera *comme moyenne* avec l'augmentation du réseau, tandis que sur les canaux, c'est l'effet contraire qui se produira; cela résulte de l'état déplorable où se trouvent nos voies navigables, mais lorsqu'elles seront améliorées et complétées, les prix actuels diminueront, et l'*ensemble* des transports coûtera moins cher au pays.

M. Faliès dit qu'il semble résulter de cette dernière conclusion de M. Cotard que si l'extension des canaux doit diminuer le prix de revient moyen, et si l'extension des chemins de fer doit l'augmenter, on ne devrait plus construire de chemins de fer. Il demande à M. Cotard de vouloir bien préciser son opinion sur ce point.

M. Cotard répond que son opinion se trouve développée dans sa note, à laquelle il renvoie de nouveau ses collègues; sa conclusion n'est pas aussi absolue que M. Faliès a paru le supposer; il a voulu seulement indiquer une question d'opportunité; il trouve que la construction *immédiate* de 20 mille kilomètres de chemins de fer est excessive, et il pense que cette entreprise doit être précédée ou au moins accompagnée de l'établissement d'un premier réseau de voies navigables, qu'il regarde comme indispensable, parce que leur construction aura pour conséquence de faire naître une circulation plus grande, et par suite de contribuer à la prospérité générale du pays. Il ne croit pas logique de pousser à outrance la construction de voies que l'on pourrait appeler « de luxe », alors que l'agriculture est en souffrance, et qu'elle a surtout besoin de voies de communication, qui lui fournissent des transports à bon marché.

M. Faliès ne peut partager l'opinion de M. Cotard à ce sujet. M. Roy, a dit avec beaucoup de raison, que pour faire une comparaison logique il fallait prendre le transport des matières encombrantes dans l'un et l'autre cas, et M. Faliès croit se souvenir qu'il y a une dizaine d'années, M. Petiet a établi que le transport des houilles en grandes masses et par trains complets revenait à des prix excessivement bas. M. Marché a, du reste, fait remarquer très justement que les voyageurs entrent pour moitié dans le

transport total, et M. Faliès croit, quant à lui, que si l'on tient compte de ces divers éléments, le transport des matières pondéreuses par trains complets pourrait être fait par les chemins de fer à aussi bon compte que par les voies navigables.

M. Badois rappelle que dans une précédente séance il a fait remarquer que la question posée sur les canaux lui paraît inopportune : il porte grand intérêt aux canaux, comme il a déjà eu occasion de le prouver, mais une discussion de cette nature entraîne nécessairement à parler des désavantages des canaux par rapport aux chemins de fer. Ainsi, il est bien certain que les voies navigables ne peuvent être établies que là où il y a de l'eau, c'est-à-dire sur 1/3 ou 1/4 seulement de la superficie de la France. Ensuite, elles sont soumises aux chômages et aux influences de la gelée : cet hiver, par exemple, la navigation a été interrompue pendant cinq mois consécutifs sur certains parcours. M. Badois est donc d'avis que cette question doit être complètement séparée de la question principale, et qu'il faut pour le moment rester dans celle des chemins de fer sans intervertir l'ordre de la discussion; le pays se préoccupe surtout d'avoir un instrument de transport d'une application générale aussi bien sur les montagnes et les plateaux que dans le fond des vallées. A cet égard, les chemins de fer satisfont pleinement les désirs des populations, et il n'est pas étonnant que l'opinion publique leur accorde la préférence.

M. Quéruel demande la permission de faire ressortir un point particulier de la question; dans la comparaison dont il s'agit, il y a un élément qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est le transport à *bas prix*, qui ne peut s'obtenir que sur des canaux à grande section, comme l'ont déjà dit M. Cotard et M. Molinos; or, ce ne sont pas là les conditions dans lesquelles se trouvent nos voies navigables, puisqu'on ne peut y faire circuler que des bateaux de faible tonnage; mais si l'on y apportait les améliorations désirables, de nature à permettre une exploitation mieux entendue, on arriverait certainement à une grande réduction dans les prix de revient. M. Quéruel est donc d'avis que la construction des chemins de fer et celle des canaux peut être faite simultanément.

M. Marché désire ajouter un dernier mot pour éviter toute équivoque sur le sens des chiffres qu'il a présentés dans sa communication sur les tarifs ; il a voulu prouver que *si* on construisait les lignes nouvelles au prix de 250,000 francs, le prix de revient du transport serait très élevé, mais sur ces lignes seulement, ce qui aurait pour effet de hausser un peu la moyenne générale. La même remarque s'applique à l'exploitation, dans le cas où les nouvelles lignes seraient exploitées dans les mêmes conditions et aussi chèrement que les anciennes.

M. Faliès est d'avis que c'est précisément sur les dépenses d'établissement et d'exploitation qu'il est possible de faire des réductions considérables.

M. Le Président dit que la communication très intéressante de M. Cotard renferme une quantité de chiffres et de nombreuses données statistiques

qui demandent à être examinées de près : aussi ce mémoire sera-t-il publié *in extenso* dans le *Bulletin* d'avril, où nos collègues pourront le consulter et l'étudier. Il ajoute que la question des canaux préoccupe aujourd'hui toute l'Europe; que l'Autriche et l'Allemagne reprennent l'idée ancienne de faire communiquer par voies navigables la mer Noire avec les mers du Nord, et il rappelle que la Russie en particulier, où il gèle 7 à 8 mois de l'année, possède un système de voies navigables très développé, bien que ces voies ne puissent être utilisées que pendant 4 ou 5 mois. Cette question offre pour la France, qui est un pays agricole, un intérêt spécial.

Revenant à la question des chemins de fer, M. le Président exprime l'espoir qu'on pourra la terminer dans cette séance et donne la parole à M. de Coëne pour sa communication sur le rachat des chemins de fer.

COMMUNICATION DE M. DE COENE SUR LES CHEMINS DE FER ET EN PARTICULIER SUR LE RACHAT.

Dans toutes nos discussions sur le régime des chemins de fer français on n'a pas réussi à sortir des formules générales, aussi jusqu'à présent la question semble toujours être restée au même point, aucune solution n'a été proposée. Cette indécision nous paraît tenir à ce que, dans ces discussions, l'on n'a pas cherché à séparer franchement la construction de l'exploitation, et à établir la différence profonde qui existe entre ces deux services.

La construction des chemins de fer rentre absolument dans le domaine des travaux publics au même titre que les autres voies de communication, les canaux, les rivières, les ports de mer, les routes. La construction d'un chemin de fer dépend de considérations politiques et militaires, de la bonne justice distributive qui veut : que ceux qui par les impôts contribuent à la construction des voies de communication, obtiennent des chemins de fer qui souvent ne donnent pas, il est vrai, la rémunération directe des capitaux engagés, mais qui sont exécutés cependant parce que le chemin de fer est une nécessité absolue pour tout le monde.

La construction dépend du relief du sol, des facilités ou des difficultés que présentent les pays à traverser, c'est avant tout et surtout l'affaire des ingénieurs.

L'exploitation, au contraire, est une œuvre essentiellement commerciale et industrielle, c'est le voiturage à grande échelle qui, par son importance, exige des connaissances commerciales et industrielles qui sont absolument différentes de celles que nécessite la construction.

La nature des produits transportés, l'application des tarifs, la forme des machines et des wagons, la disposition des gares, les moyens mécaniques de chargement et de déchargement sont subordonnés à l'importance du trafic.

Pour transporter du charbon, des minerais, des pierres, des matières fragiles ou encombrantes, il faudra, quel que soit le pays traversé, employer les mêmes wagons, les mêmes machines. Dans chaque cas les gares doivent être disposées de la même façon.

Les tarifs dépendent surtout de l'importance du trafic, de la nature de ce trafic; le tracé de la ligne exerce très peu d'influence.

Au contraire, la dépense de construction des chemins de fer en pays plat ou en pays accidenté varie du simple au triple. Les dépenses plus élevées, les rampes plus fortes dans les pays accidentés, ne changent rien au mode d'exploitation. La construction et l'exploitation sont deux ordres d'idées particulières.

Aussi, dans tous les pays autres que la France, l'exploitation est-elle confiée à des hommes d'affaires et qui ont une origine complètement différente de celle des ingénieurs qui construisent les lignes.

En Angleterre, par exemple, l'exploitation est sous la direction d'hommes remarquables, qui ont une influence considérable dans leur pays et ont apporté des progrès considérables que l'on admire dans les exploitations des grandes lignes.

Ce fait ainsi établi : que la construction est absolument différente de l'exploitation; il nous est plus facile d'aborder la question du rachat qui n'intéresse que l'exploitation, c'est-à-dire les intérêts à desservir, la bonne justice distributive pour tous, et les exploitants.

Le rachat se désintéresse absolument de la construction. Que les lignes soient faites par l'État où par les Compagnies, elles seront également bien construites, cela n'intéresse pas ou très peu le public, ce qui l'intéresse ce sont les tarifs.

Nous allons comparer rapidement les tarifs français et étrangers et faire voir qu'il y a bien des progrès à accomplir chez nous; mais avant d'aborder cet examen, permettez-moi de tirer de l'excellent et ingénieux travail de notre honorable collègue, M. Marché, des conclusions qui vous feront voir qu'en exploitation de chemins de fer nous avons bien des choses à améliorer.

On dit, en industrie, que les frais généraux sont proportionnels aux unités fabriquées, et que ces frais généraux diminuent par unité, au fur et à mesure que le nombre d'unités augmente; — c'est ainsi qu'on a cherché à justifier le développement, excessif à notre avis, qu'on a donné aux diverses grandes Compagnies françaises; or, il se trouve que plus le nombre des unités transportées augmente, plus les frais généraux ont augmenté pour chaque unité; que pour l'exploitation, plus on a transporté de tonnes unitaires, plus la dépense par tonne a augmenté; — c'est-à-dire qu'il s'est produit en chemin de fer le contraire de ce qui se passe en industrie; — nous en trouvons la preuve dans les documents statistiques qui nous ont été communiqués par M. Marché. Il y a une seule exception toutefois et nous tenons à la mettre particulièrement en relief, les frais de traction ont seuls diminué par unité avec l'importance croissante du trafic. S'il en est ainsi, ne sommes-nous pas en droit de dire que cela tient à ce que nos éminents et regrettés collègues, les Flachat, les Petiet, les Polonceau, ont imprimé à cette partie du service une trace qui ne s'est pas effacée avec eux et qui a été continuée par leurs successeurs; que de tous les services de che-

mins de fer, la traction est celui qui a été dirigé le plus industriellement, parce qu'on a eu recours aux moyens mécaniques sur la plus large échelle.

Permettez-moi de rappeler que dans l'enquête de 1872 j'avais insisté pour que dans l'avenir on développât les moyens mécaniques dans nos exploitations, j'avais dit que la main-d'œuvre, dont le prix s'élève chaque jour, en faisait une nécessité et devait être une cause d'aggravation des dépenses; la statistique, dix ans après, me donne absolument raison et justifie mes craintes de 1872.

La conclusion à tirer du travail de M. Marché, c'est donc que l'exploitation périclite; j'attribue cette situation à une cause indiquée par M. Moussette dans l'enquête de 1866, à savoir que l'étendue de nos grandes gares cause des encombrements et des dépenses; je l'attribue à la différence des vitesses des transports pour les tarifs ordinaires et des tarifs spéciaux, à la mauvaise utilisation du matériel, à la réception des marchandises en gare au lieu de l'expédition à domicile, au peu de développement de l'emploi des moyens mécaniques pour parer à l'élévation croissante de la main-d'œuvre.

On a dit aussi que les tarifs ne pouvaient être abaissés facilement au-dessous des chiffres actuels; à cet égard permettez-moi de vous présenter quelques observations tirées de ce qui se passe à l'étranger.

Il s'est glissé, en effet, une erreur fâcheuse dans l'opinion publique. En France, on s'imagine toujours que les transports se font à meilleur marché que partout ailleurs, c'est une erreur dont il faut faire justice.

Ainsi nous avons été déjà très surpris d'apprendre qu'en Amérique les tarifs de 10 centimes en moyenne en 1872 étaient descendus en 1879 à 2 centimes 80. Je vais vous montrer que dans plusieurs pays d'Europe les tarifs de transport sont plus faibles que chez nous; qu'en Belgique et en Angleterre, si on tient compte du parcours moyen, ils sont de 66 p. 100 et de 11 p. 100 meilleur marché qu'en France.

INDICATION DES TARIFS.	PRIX DE LA TONNE KILOMÉTRIQUE.	PARCOURS MOYEN.	OBSERVATIONS.
En France.....	6.05	135 kil.	Les marchandises vont à vitesse moyenne et à petite vitesse.
En Belgique.....	5.10	69 kil.	A vitesse moyenne.
En Angleterre....	6.98	58 kil.	A vitesse moyenne.

NOTA. — Le temps gagné sur la vitesse dans les livraisons de marchandises, tient à ce que les wagons ne restent jamais chargés en Angleterre, qu'il y a beaucoup de trains directs de marchandises; qu'en Belgique les wagons ne peuvent être gardés que 8 heures, tandis qu'en France, dans un grand nombre de cas, les wagons restent 24 et 48 heures chargés dans les gares.

Le tableau que nous venons de dresser indique les trois situations respectives de l'Angleterre, de la France et de la Belgique. Le second tableau sert à montrer le prix réel du tarif de transport, en tenant compte des frais fixes au départ et à l'arrivée et de la longueur moyenne du parcours.

INDICATION DES TARIFS.	PRIX PAR TONNE.	TONNE KILOMÉTRIQUE.	PARCOURS MOYEN.	FRAIS FIXES EN CENTIMES Par tonne kil.	TARIF RÉEL DE TRANSPORT Par tonne kil.
En France. . . .	8f.15	6.05	135	$\frac{1.50}{135} = 1^c,11$	4c.94
En Belgique. . .	3f.52	5.10	69	$\frac{1.50}{69} = 2^c,17$	2c.63
En Angleterre.	4f.05	6.98	58	$\frac{1.50}{58} = 2^c,58$	4c.40

Les frais fixes sont de 1,50 en moyenne.

Il ressort de ce tableau :

Qu'en France le tarif réel de transport est de 2c,04 plus élevé qu'en Belgique;

Qu'en France le tarif réel de transport est de 0c,54 plus élevé qu'en Angleterre.

Enfin, un calcul simple montre que si les tarifs belges étaient appliqués sur les 504 millions de francs de transport en petite vitesse, on économiserait 166 millions; qu'avec les tarifs anglais on économiserait environ 40 millions, en retranchant naturellement les frais fixes.

Or, si on considère que le capital engagé dans les lignes anglaises est considérable, que le transport moyen est plus faible, que les marchandises sont livrées beaucoup plus vite, on voit combien les différences que nous signalons sont sensibles.

Cette anomalie apparente nous l'expliquons par l'absence d'encombrement dans les gares, la forme très condensée de ces gares, le soin avec lequel les appareils mécaniques sont répandus partout; nous l'expliquons encore et surtout par la suppression presque complète de l'immobilisation du matériel et son utilisation meilleure que chez nous, toutes causes qui permettent aux Anglais de transporter à meilleur marché.

Nous avons, d'ailleurs, sous nos yeux, en France, un exemple du degré d'importance qu'il faut attacher au bon emploi du matériel.

Ainsi la Compagnie d'Orléans, qui est une de celles où l'exploitation est le plus économiquement dirigée, la tonne transportée exige moins de matériel que dans les autres. Or si la Compagnie d'Orléans est arrivée à ce résultat, cela tient au soin méticuleux avec lequel elle évite de laisser son matériel le moins possible en stationnement, et au service qu'elle a créé et qui constitue un des rouages les plus intéressants et les plus importants de son exploitation.

Aussi sommes-nous convaincu que de grandes améliorations pourraient être obtenues si le matériel était mieux utilisé, et il le sera d'autant mieux qu'on arrivera à atténuer l'étendue excessive de nos gares, qui sont 10 et 20 fois plus grandes que les gares anglaises, où la surveillance des manutentions est très difficile; qu'on supprimera, dans la mesure du possible, les immobilisations de matériel en obtenant dans les villes importantes l'expédition à domicile et le camionnage d'office, ou au moins, comme en Belgique, la réduction du temps de séjour; qu'on appliquera dans tous les grands centres les appareils de déchargement mécaniques.

M. Marché, dans son travail sur les tarifs, a expliqué ce qu'ils étaient, mais il n'a pas dit qu'en même temps le capital nominal des actions était rétribué de 10, 12 et même 15 pour 100.

Cette rémunération qui n'existe pas ailleurs dans les autres pays, explique encore, dans une certaine mesure, la majoration du prix de la tonne transportée.

Arrivant aux lignes d'intérêt secondaire, M. Marché a dit que les tarifs sont plus élevés que sur les grandes lignes.

A ce sujet il faut faire une distinction essentielle. Quand les transports effectués par une gare d'une petite ligne, sont dirigés à une grande distance en empruntant une grande ligne, la marchandise de la petite ligne ne reçoit que les frais fixes du départ et le plus souvent les prix kilométriques de la grande ligne. Le tarif s'élève au contraire quand le trafic est local et a lieu d'une gare à une autre gare de la petite ligne, alors les tarifs pleins sont appliqués, mais cette application se rapproche de ce qui se fait sur les grandes lignes, où les expéditions de gare à gare voisines sont aussi le plus souvent taxées d'après le tarif-plein du cahier des charges. Voilà, il nous semble, la pratique ordinaire des choses.

Comme l'a si bien indiqué M. de Freycinet dans son programme, les chemins futurs doivent être les auxiliaires des grandes lignes. Les grandes artères reçoivent un nouvel aliment par les lignes nouvelles, et les augmentations de recettes obtenues sur les grandes lignes compensent largement les dépenses faites sur les lignes de moindre importance.

De ce qui précède on peut conclure que l'on doit chercher à diminuer les dépenses d'exploitation et les frais généraux, et comme conséquence, à diminuer les tarifs. Pour y parvenir, le seul remède, à notre avis, est de fractionner les anciens réseaux, par leur développement qui empêche que la direction en puisse être économique.

Or pour y arriver, il faut réorganiser les lignes, et pour les réorganiser, le seul moyen c'est de les racheter. C'est cette partie de la question brûlante des chemins de fer que nous allons aborder.

Les adversaires du rachat des chemins de fer s'imaginent que la fortune des actionnaires est compromise par ce rachat.

Ils prétendent y voir une ingérence trop grande de l'État, la multiplicité des fonctionnaires, le peu d'économie avec lequel l'État exploite les affaires

industrielles qu'il dirige et, comme conséquence nécessaire, des frais d'exploitation plus élevés et l'impossibilité de réduire les tarifs.

Ils prétendent encore que les finances de l'État seraient compromises par les dépenses exagérées d'une part, et par le besoin où l'on serait entraîné d'arriver à une diminution abusive des taxes de transport.

Les innovations ne seraient plus possibles.

Les réclamations ne seraient plus admises; le fonctionnarisme envahissant tout, la moindre réclamation ne recevrait aucune suite.

Or, avant de répondre à toutes ces objections, il est utile de rappeler à quoi nous expose le régime actuel des Compagnies, tel qu'il est organisé.

Il est bien évident qu'avec notre organisation des chemins de fer, l'intérêt du public est opposé à l'intérêt des Compagnies. Ainsi, tandis que dans les autres pays où la concurrence existe, l'Angleterre et la Suisse, la concurrence, si elle n'a pas amené le bon marché de la Belgique par l'exagération du capital concurrent qu'il fallait rémunérer a, au moins, eu cet avantage de donner de grandes facilités pour les voyages. On a partout multiplié les billets d'aller et retour dans toutes les directions. La vitesse en Angleterre, c'est-à-dire l'économie du temps, a été portée à son maximum, les voyageurs de toutes classes ont été admis dans les trains rapides, la marchandise marche plus vite.

En France, au contraire, les billets d'aller et retour, d'une durée assez longue comme en Suisse, si commodes pour le public, si utiles pour développer le goût et le besoin du voyage, existent à peine. Les billets d'aller et retour, le passage d'une Compagnie sur une autre avec le même billet sont l'exception.

Les voyageurs de toute classe ne sont pas admis dans tous les trains, comme ils le sont en Angleterre. De là, croyons-nous, une perte considérable pour les voyageurs et qui explique le peu de développement qu'a pris ce service en France, où on compte seulement 200,000,000 de voyageurs contre plus de 500 millions en Angleterre.

Il n'est pas douteux que si, en France, les tarifs étaient remis à la disposition de l'État, de suite les voyageurs de toute classe seraient admis dans tous les trains, les billets d'aller et retour existeraient partout, les communications d'un réseau sur l'autre seraient établies, les lignes faisant un même tout absolument complet.

Les conventions, telles qu'elles existent, — et les Compagnies sont dans leur droit absolu en conservant leur cahier des charges, en en refusant des modifications, — les cahiers des charges tels qu'ils sont, ne permettent pas à l'État de forcer les Compagnies à considérer toutes les lignes comme faisant un tout complet.

Les Compagnies forment des provinces séparées les unes des autres avec des lignes de douane, plus sévères que la douane elle-même puisque, depuis la suppression du passeport, la douane n'arrête plus les voyageurs qui circulent librement à travers les frontières, tandis que, pour passer d'une Compagnie à une autre, la nécessité de reprendre un billet constitue

un empêchement souvent plus onéreux que n'était le passeport exigé autrefois. Comme l'a dit M. Love, la circulation rayonnante existe seule, la circulation régionale n'existe pas.

Pour les marchandises, mêmes obstacles, mêmes difficultés, arrêts de transmission, retard aux points de raccord, différence d'application de taxes quand la marchandise voyage sur les rails de plusieurs Compagnies, et souvent encore dépenses inutiles, puisque nous savons que, par des conventions tacites entre les Compagnies, une Compagnie a le droit, quand une marchandise est prise dans une gare de son réseau pour une gare de son même réseau, de lui faire parcourir sur le même réseau la distance qu'elle veut, fût-elle de 200 kilomètres en plus. Supposons par exemple qu'une marchandise parcoure 200 kilomètres de plus que si cette marchandise suivait la ligne la plus courte en empruntant, soit les lignes de l'État, soit un autre réseau. Pour faire parcourir ces 200 kilomètres taxés à raison de 4 centimes par tonne par exemple, la Compagnie, pour effectuer ce parcours, doit faire des dépenses de traction, de matériel, de voie, etc., qui s'élèvent à plus de 2 centimes par tonne et par kilomètre; la Compagnie gardant à son profit une recette nette de 2 centimes par tonne kilométrique, la dépense de 2 centimes, ou pour 200 kilomètres de 4 francs par tonne, est faite en pure perte, puisque passant par la ligne la plus courte, cette dépense aurait pu être entièrement évitée. Or, la loi de la plus courte distance n'existe pas, le cahier des charges est muet à cet égard et l'État, l'associé des Compagnies, son garant, paie les frais de ce parcours exagéré.

Il est certain que les Compagnies de chemins de fer, qui sont avant tout des affaires industrielles, doivent agir comme elles le font, car il est de toute évidence qu'une industrie doit être menée de manière à obtenir le plus fort produit pour le moindre service rendu. Il est inutile, dans une industrie bien menée de fabriquer 400 tonnes de marchandises quand elle peut avoir les mêmes produits avec une fabrication de 200 tonnes, mais en industrie, la concurrence, difficile en chemins de fer, est là pour ramener la véritable proportion des choses; il n'en est pas ainsi pour des Compagnies où la concurrence n'existe pas.

Ainsi, dans un chemin de fer, rien ne s'oppose à ce que la Compagnie, c'est son droit et même son devoir vis-à-vis des actionnaires, ne fasse le moins de transport pour un prix le plus élevé possible; pour une Compagnie de chemin de fer, son seul profit, c'est le transport; et comme l'a dit un directeur de chemin de fer : en matière de tarification de transports, il n'y a qu'une seule règle qui soit rationnelle, c'est de demander à la marchandise tout ce qu'elle peut payer. Tout autre principe est arbitraire. Pour l'État, maître des chemins de fer, au contraire, le transport n'est pas le seul profit, l'État a, en effet, intérêt surtout à faire circuler le plus grand nombre de voyageurs, la plus grande masse de marchandises; car à mesure que les transports augmentent, la prospérité générale augmente; les impôts répartis sur une plus grande masse diminuent, par suite, il y a plus de main-

d'œuvre, l'industrie développe plus aisément ses moyens d'action, les ports de mer, la marine, profitent indirectement du développement et de l'économie des transports, l'intérêt général gagne à cet accroissement de trafic; pour l'État, le seul profit qu'il doit retirer des chemins de fer, ce n'est pas ce que la marchandise peut payer, c'est le prix auquel lui reviennent les frais de traction et les frais de capital taxés aussi bas que possible; en dehors de cela, tout est profit pour le pays tout entier, pour son commerce, pour son industrie, pour l'État lui-même, par conséquent.

Pour les Compagnies, au contraire, la situation est tout autre. Affaires industrielles avant tout, elles doivent transporter le moins possible pour le plus gros revenu; les transports étant leur unique profit, elles doivent les faire payer le plus cher possible et en tirer le plus grand revenu.

Si donc, sans nuire aux intérêts des actionnaires, par l'exécution d'un traité consenti par eux, on rachète les privilèges des Compagnies, l'État devra chercher à diminuer les frais de transport et, sans toucher à l'équilibre actuel des recettes brutes, il pourra arriver à diminuer les tarifs pour les seules plus-values qui se produisent annuellement dans le trafic.

Les statistiques des chemins de fer en France nous montrent, en effet, que le trafic annuel de 800 millions par an, chiffre de 1879, augmente progressivement de 2 à 4 pour 100 par an; qu'il y a un accroissement permanent de recettes de 16 à 32 millions par an; or, si on compte 40 pour 100 de dépense et seulement 60 pour 100 de profit sur les recettes brutes, on aura une augmentation de 9 millions 600,000 francs ou 19 millions 200,000 francs par an où, dans dix ans, de 96 millions ou de 192 millions dont l'État pourra diminuer les tarifs des chemins de fer, tandis que si les Compagnies gardaient leur monopole, ces bénéfices reviendraient aux Compagnies de chemins de fer.

En Allemagne et en Belgique, l'État, pour les chemins de fer, agit comme il le fait pour la poste et les télégraphes, il retire des chemins de fer simplement ses dépenses et l'intérêt du capital qui y est engagé, laissant tout l'excédent au commerce et à l'industrie du pays qui profite de toutes les réductions de taxe qui sont les impôts des transports.

Quant à l'opération financière, de l'avis de tous elle est d'une simplicité extrême, et, résultat remarquable, le rachat en consolidant les titres en augmente la valeur.

Le rachat donne un avantage sérieux aux actionnaires. Ainsi donc, ceci est bien établi, les Compagnies et l'État qui ont fait un contrat, si elles le mettent à exécution, l'intérêt des actionnaires est complètement sauvegardé, puisque la consolidation des actions est avantageuse pour les Compagnies, la crainte de voir la fortune des actionnaires compromise est absolument vaine. Si cette crainte est écartée, le rachat des chemins de fer se présente comme une nécessité de premier ordre pour le pays, il supprime immédiatement les tarifs de détournement si dangereux pour le commerce, il donne à l'État le moyen de mettre le prix de transport en rapport avec les nécessités du Trésor, l'État seul maître ne livre plus à l'arbitraire de

quelques Compagnies son commerce, son industrie, la défense même du pays, puisque les chemins de fer exercent une action puissante à la guerre.

On dit encore en parlant des chemins d'État, maître des chemins de fer, l'ingérence de l'État sera partout et alors le fonctionnarisme débordera la France avec tous ses abus et tous ses inconvénients.

A cela, nous répondrons par l'expérience de nos chemins de fer d'État dont personne ne se plaint, bien que l'expérience ait été faite dans des conditions très difficiles, à cause de l'éloignement des parties d'un réseau complètement séparées les unes des autres.

Or, malgré ces conditions désavantageuses, le service a été aussi bien fait que par les Compagnies anciennes, aussi économiquement, en donnant aux pays traversés par les chemins d'État des facilités que les anciennes Compagnies n'avaient pas su donner à leur clientèle.

Les difficultés étaient grandes cependant, car en dehors des conditions géographiques mauvaises et contraires à un service régulier, il fallait unifier plusieurs administrations disparates, sacrifier certaines positions acquises.

Si le rachat de la Compagnie d'Orléans s'effectuait, le personnel restant le même, les conditions géographiques du réseau devenant parfaites, l'exploitation dirigée par les mêmes employés pourra continuer comme par le passé. En supposant même que l'on ne veuille pas conserver toutes les lignes à l'exploitation par l'État, on peut donner la forme de régie intéressée aux nouvelles lignes.

Mais que fera-t-on après le rachat? Voici ce qui devrait être fait.

Les lignes de la Compagnie d'Orléans seront amalgamées avec les lignes de l'État et divisées en trois groupes ayant chacun environ de 3,000 à 4,000 kilomètres d'étendue, les trois groupes formeront chacun une direction particulière reliées par un seul et même contrôle (Clearing House), les dépenses de ce contrôle étant réglées au prorata des recettes de chaque groupe. Entre ces trois groupes il y aurait unification complète des tarifs, les tarifs établis d'après le système de M. le sénateur Georges et basés sur le parcours kilométrique comme en Belgique. Les marchandises suivront alors la plus courte distance, et les tarifs étant établis sur ce parcours, toutes les objections que soulève en ce moment la division par réseau seraient supprimées, il y aura une importante économie réalisée; les voyageurs, les marchandises, ne parcourant que la distance réelle qu'ils doivent parcourir, on évitera les dépenses causées par les tarifs de détournement établis uniquement au profit des Compagnies sans bénéfice pour le public.

Ou l'État conservera l'exploitation de toutes les lignes, ou bien l'État conservera un des trois groupes, deux Compagnies de régie seront créées; avec chacune de ces deux Compagnies on pourra faire un traité ayant pour base la dépense actuelle de la tonne et du voyageur kilométrique; les Compagnies de régie auront 50 pour 100 des économies qu'elles pourront réaliser.

Les dépenses d'augmentation de matériel et de travaux neufs seront effectuées par les Directions et remboursées par l'État; tous les jours, les re-

cettes seront versées en compte courant dans les caisses de la Banque de France au crédit du Trésor; les Compagnies retireront le montant des sommes à elles allouées par leur traité, les tarifs proposés par chacune des Directions seront appliqués sous le contrôle du Ministre.

L'État conserverait un groupe, la Compagnie d'Orléans un second groupe; un troisième groupe serait formé avec des éléments nouveaux, le Gouvernement nommerait les présidents du contrôle général et les présidents du Conseil d'administration de chacun des deux groupes ainsi formés.

On constituerait ainsi un ensemble compact de 12,000 kilomètres où tout antagonisme aurait disparu, où tous les efforts seraient tournés vers le même but : le développement du trafic, la base la plus sûre de l'économie des transports, puisque c'est au fur et à mesure que le trafic se développe que les dépenses générales diminuent, quoique les résultats des grandes Compagnies actuelles disent le contraire.

Le développement du trafic, qui est le but véritable de la grandeur du pays, devenant seul l'intérêt des groupes nouveaux.

Mais ce groupement une fois fait, n'y a-t-il pas lieu de craindre que si, par la suite, l'État reconnaissait la nécessité d'apporter les mêmes avantages aux autres parties de la France, il ne se trouve désarmé et dans l'impossibilité de réaliser cette innovation si elle répondait au but que l'on veut atteindre, l'unification des tarifs sur des bases rationnelles.

Nous avons pensé que pour répondre à cette objection il y avait lieu d'examiner le problème dans son ensemble, et de faire voir que rien ne s'opposait à ce que dans l'avenir on pût arriver à l'uniformité de l'ensemble des chemins de fer français.

Supposons donc que l'opération du rachat d'Orléans justifie l'opération complète et qu'il faille racheter toutes les Compagnies;

Supposons que les motifs qui justifient le rachat de la Compagnie d'Orléans conduisent fatalement et nécessairement, pour les mêmes raisons, au rachat de toutes les Compagnies de chemins de fer;

Supposons que, rachetant Orléans seul, l'État retombe dans les difficultés où la Compagnie d'État se trouve en ce moment vis-à-vis de la Compagnie d'Orléans; que le groupe formé ainsi après le rachat d'Orléans constitue un groupe isolé et sans lien avec les autres Compagnies; qu'il faille racheter toutes les lignes. — Que se passera-t-il? Il faudra établir un lien commun entre tous les nouveaux groupes dont ce rachat devra nécessairement amener la formation.

L'étude de ce rachat général entraîne donc à l'étude d'une reconstitution générale des chemins de fer en France; — cette étude étant le seul moyen de faire voir que l'opération du rachat d'Orléans pourra se rattacher facilement au rachat général.

Commençons par voir comment l'ensemble des chemins de fer doit être divisé :

On peut dire maintenant, à la suite d'expériences très précises, et comme

conclusion aux discussions que cette question a soulevées, qu'un groupe de chemins de fer placés sous la main d'un Conseil d'administration et d'une Direction ne doit pas excéder 3,000 à 4,000 kilomètres.

Or, si on compte 36,000 kilomètres ou même 40,000 de chemins de fer en France, on voit que le chiffre de 4,000 kilomètres sera un chiffre raisonnable à donner à une Direction.

Il y aurait donc 10 groupes ou 10 Directions pour les grandes lignes;

Une Direction pour les chemins de Ceinture de Paris;

Une Direction, plus tard, pour le chemin Métropolitain de Paris.

Or, on trouve, comme nous le verrons tout à l'heure, les éléments pour former 9 groupes; il ne restera plus qu'à en organiser un seul.

Partant de ces principes généraux, j'ai divisé la surface de la France en 10 groupes portant les numéros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, ainsi qu'il est indiqué sur la carte générale de la France où les groupes divers se distinguent par des couleurs différentes. Entre ces groupes on établirait pour la circulation régionale que demande avec raison notre collègue M. Love, ce que les Anglais ont établi pour les Runnings-Power, ce que nous avons établi pour les services internationaux de Paris à Berlin, — Saint-Pétersbourg, — Vienne, — Rome. Rien ne sera plus facile de faire ce que j'avais demandé dans ma réponse à l'enquête en 1872, déposée à la Société des Ingénieurs civils.

Cette division une fois faite, il est facile de donner une solution précise au rachat et à ses conséquences, car on ne doit pas oublier qu'il ne faut pas penser seulement à cette opération, il faut encore songer à l'exploitation des réseaux rachetés, de manière à ce que le lendemain de la reprise par l'État les lignes puissent fonctionner sans trouble et sans difficulté.

Or, on trouve les éléments de six groupes dans ce qu'on appelle les six grandes Compagnies, soit. 6

Le réseau d'État forme un autre centre qui formera le septième, ci. 1

Dans la Compagnie des Dombes Sud-Est, on trouve encore un autre groupe, ci. 1

La Compagnie de Picardie et Flandres forme le neuvième, ci. . 1

Soit un total d'éléments. 9

Il reste donc à en créer un seul. 1

formant le total général de. 10

éléments nécessaires pour constituer l'ensemble des lignes de chemins de fer en France.

Si pour les lignes rachetées les pouvoirs publics préfèrent substituer partiellement l'exploitation par l'industrie à l'exploitation par l'État directement, il ne faudra le faire qu'à une seule condition, c'est que l'organisation nouvelle échappe à la grave objection soulevée par les Compagnies actuelles, que les Compagnies soient sous la dépendance complète du Gouvernement, car de même que la Banque de France et le Crédit foncier sont les gardiens du Crédit public, et de la fortune hypothécaire du pays, de

même les chemins de fer sont les gardiens des transports du pays, en ce sens qu'ils tiennent en leurs mains la fortune de l'industrie, du commerce et de l'agriculture, qui sont les tributaires des voies de transport et dépendent absolument des tarifs, de la rapidité, des facilités qu'ils leur donnent.

Il est donc du plus haut intérêt que le Gouvernement ait la toute-puissance sur les chemins de fer, sans nuire toutefois à l'opération industrielle qui les constitue. Or, de même que le Gouvernement s'est réservé le droit de nommer les gouverneurs de la Banque et du Crédit foncier, de même le Gouvernement devra se réserver la nomination des présidents de Conseil d'administration des groupes de chemins de fer.

Ce premier point établi, la dépendance absolue des chemins de fer vis-à-vis du Gouvernement, il est encore nécessaire de constituer un lien commun entre tous les groupes pour que l'organisation soit analogue partout pour les tarifs, pour la suppression des droits de transmission pour faciliter le passage des voyageurs et des marchandises d'un réseau sur un autre sous l'autorité et l'influence directe de l'État ; que la grande administration des chemins de fer soit absolument la même sur toute la surface du territoire et ne forme qu'un tout complet.

Pour le faire, il suffira d'élargir le contrôle général que nous avons proposé à la suite du rachat d'Orléans et de faire que ce contrôle général, comme le Clearing-House d'Angleterre, embrasse toutes les opérations communes aux dix groupes, c'est-à-dire le contrôle de l'application des taxes, soit pour le service intérieur, soit pour le service de groupe à groupe; le contrôle du parcours des wagons d'un groupe sur un autre; le règlement des litiges pouvant être soulevés entre les groupes.

Le Conseil d'administration du contrôle général serait formé par les administrateurs des dix groupes à raison de un administrateur par chacun d'eux.

Ce tribunal serait l'arbitre de tous, présidé par un président nommé également par le Gouvernement, comme on le fait d'ailleurs en Angleterre, où le président du Clearing-House est nommé par le gouvernement anglais. Quant aux groupes, leur organisation, les traités à faire avec chacun d'eux, pourront être établis comme nous l'avons indiqué pour la reprise du chemin d'Orléans.

Nous avons la conviction qu'ainsi, au moment choisi, il sera facile d'opérer le rachat des chemins de fer et par suite leur réorganisation, qui doit amener avec lui, nous croyons utile de le rappeler, des économies considérables dans l'exploitation, l'abaissement des tarifs, leur unification et leur établissement sur des bases uniformes, égales pour tous; — l'État, restant le maître absolu des tarifs, cherchant à donner au public le plus de facilité possible pour la moindre recette; l'État n'ayant pas besoin d'avoir autre chose que ses débours et l'intérêt de son capital, laissant au pays et, par conséquent à lui-même, à son commerce, à son industrie, à la défense du territoire, tous les avantages que l'on peut tirer de cette grande industrie.

Si on peut arriver à ces résultats, et il n'en saurait être autrement, sans troubler la situation acquise des actionnaires et des obligataires, sans toucher aux situations du personnel des chemins de fer, sans toucher à la fortune publique et même en améliorant cette situation, jamais gouvernement n'aura fait chose plus utile, plus grande et plus favorable aux véritables intérêts généraux du pays.

Nous avons la conviction que l'exécution de ce programme, qui pourra être considéré comme une des œuvres les plus importantes qui puissent être entreprises, pourra l'être quand l'État le jugera nécessaire.

M. Roy, tout en respectant l'opinion d'un membre de la Société, ne peut accepter ses conclusions et espère que son avis sera partagé par ses collègues. Il ne peut laisser passer sans protestation certaines assertions émises par M. de Coëne au cours de sa communication, particulièrement en ce qui est relatif au transport des voyageurs de toutes classes dans les trains de vitesse; si l'on est, en Angleterre, très avancé sous ce rapport, il faut dire aussi que là on paie la vitesse, et que les tarifs sont alors bien supérieurs à ceux qui sont appliqués en France; ainsi la 1re classe coûte 17 centimes et la 3e classe 10 centimes, tandis qu'en France ces chiffres sont environ de 12 et 6 centimes.

M. Marché demande à présenter une observation préalable. M. de Coëne déclare que nos chemins de fer sont inférieurs à tous ceux des autres pays, parce qu'ils ne sont pas exploités d'une manière assez commerciale, et il propose de charger l'État de fixer les tarifs et d'encaisser les produits, désintéressant ainsi complètement l'exploitation du taux et de la forme des recettes. M. Marché doute fort qu'une telle organisation soit plus commerciale que celle qui existe actuellement. D'ailleurs, l'État maître des tarifs, il n'y a pas à s'y tromper, c'est tôt ou tard l'État exploitant.

M. Mathieu tient à relever l'inexactitude d'une citation faite par M. de Coëne au sujet d'une parole attribuée au Directeur de l'une de nos grandes Compagnies françaises. M. Mathieu croit pouvoir, autant que sa mémoire le lui rappelle, la rétablir ainsi : « La marchandise doit payer tout ce qu'elle peut payer, mais rien que ce qu'elle peut payer; » il fait observer que le sens de cette phrase est complètement différent de celui que lui avait attribué M. de Coëne.

M. de Coene dit qu'il s'agit là d'un document écrit, qu'il sera par conséquent facile de vérifier, et il est prêt à rectifier son interprétation si elle est trouvée inexacte.

M. Level ne partage pas tout à fait l'avis de M. le Président au sujet de la clôture de la discussion à la fin de cette séance; il pense qu'après la communication de M. de Coëne, il est nécessaire plus que jamais de laisser la discussion ouverte, pour permettre la réponse à plusieurs assertions très discutables émises dans cette communication. Si le mémoire de M. de Coëne est imprimé dans nos *Bulletins* sans la réponse qu'il appelle tout naturellement, certaines personnes pourraient prendre les idées qu'il renferme comme représentant l'opinion de la Société; pour obvier à cet inconvé-

nient, M. Level pense qu'il serait utile de publier, en même temps que ce mémoire, la réponse à laquelle il donnera certainement lieu, ou tout au moins d'indiquer soigneusement dans le texte du mémoire de M. de Coëne les mouvements d'opinion qui se sont manifestés au cours de sa lecture.

M. Roy appuie l'observation de M. Level, qui développe et complète l'opinion qu'il avait émise précédemment.

M. Level propose l'ajournement, et non la clôture de la discussion.

M. le Président fait remarquer que la question des travaux publics est à l'ordre du jour depuis fort longtemps déjà, et que la Société ne peut s'éterniser sur la même question ; il est donc d'avis que, tout en laissant la discussion ouverte, il convient de mettre à l'ordre du jour des prochaines séances des sujets plus variés ; il insiste de nouveau pour que la discussion se termine autant que possible aujourd'hui, pour le motif qu'il vient d'indiquer.

M. Mathieu croit qu'il serait difficile de répondre à l'instant même aux nombreuses questions soulevées par la communication de M. de Coëne ; on pourrait d'ailleurs donner la parole, dans la prochaine séance, aux membres qui désireraient donner leur avis sur ce sujet.

M. le Président répond qu'à la prochaine séance ce mémoire n'aura pas encore été imprimé, s'il doit figurer parmi les mémoires.

M. Marché dit que la communication qu'on vient d'entendre a au moins un bon côté, celui de nous faire connaître l'opinion d'un partisan du rachat, opinion qui ne s'était pas encore fait jour depuis que la question des chemins de fer a été posée ici, et qu'il importe de donner à la discussion de cette opinion tout le temps nécessaire.

M. de Coene trouve extraordinaire que dans une Société où les opinions peuvent être librement discutées, ses deux opinions soulèvent des protestations : n'y a-t-il pas l'Allemagne et la Belgique où l'exploitation des chemins de fer par l'État se pratique sur une grande échelle, et tend chaque jour à se développer de plus en plus?

M. Roy revient sur l'idée émise par M. Level, et pense que la communication de M. de Coëne appelle une réfutation ; entre autres points à signaler, il a déjà cité les tarifs dans les trains de vitesse en Angleterre, tarifs dont M. de Coëne n'a pas parlé, et qu'il faut nécessairement indiquer en corrélation avec les avantages que procurent ces trains aux voyageurs de toutes classes.

M. de Coene répète qu'il a émis une opinion personnelle : on peut la discuter, mais il croit avoir le droit de la présenter.

M. Chobrzynski ne voit pas là seulement une question d'opinion, mais bien une question de faits, dans les exemples cités par M. de Coëne.

M. le Président dit que pour donner satisfaction à toutes les réclamations, la note de M. de Coëne sera publiée *in extenso* dans le procès-verbal de cette séance.

M. Faliès n'est pas de l'avis de M. Level relativement à la nécessité de présenter une réponse à côté du mémoire de M. de Coëne; ainsi, il y a

quelque temps, il a paru dans le compte rendu de la Société une note sur cette même question qui aurait pu passer également aux yeux de certaines personnes, comme représentant l'opinion de la Société : et cependant cette note n'émane que d'un groupe d'ingénieurs, des plus autorisés, il est vrai. Le système de M. Level entraînerait donc fort loin s'il fallait avec chaque question traitée publier les réponses auxquelles elle doit donner lieu.

M. Level répond que M. Faliès se méprend sur le sens de ses paroles : il a voulu dire simplement que la Société ne doit pas engager imprudemment son avis et que, dans le cas particulier, c'est ce qui pourrait résulter de l'impression du mémoire en question.

M. le Président rappelle que la Société ne peut pas émettre d'avis et que mention en est faite sur chaque procès-verbal : cela suffit pour rassurer ceux qui émettent des craintes à ce sujet; il rappelle en outre que le procès-verbal rend compte des observations auxquelles donne lieu chaque communication.

M. Marché est d'avis que la discussion présente ouvre un débat qu'il est impossible de fermer brusquement.

M. le Président termine en disant que, pour concilier toutes les opinions, la discussion sera continuée dans la prochaine séance.

MM. Barba, Beaudet, Bouillette, Brabant, Bravet, Cail, Camoin, Caplen, Carette, Cazaubon, Chasles, Edoux, Fournier, Galtié, Godillot, Groselier, Gapteyn, Komar, Legenisel, Mathelin, Mongolfier, Noel, Panhard, Pick, Quilleveri et Rauly ont été reçus comme Membres sociétaires, et MM. Baltus et D'Eichthal, comme Membres associés.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — La lumière électrique. — Chemin de fer funiculaire à crémaillère du Giessbach. — Bateaux à vapeur sur le Rhin. — Durée des traverses de chemins de fer. — Résistance à la traction des voitures de tramways. — Les tramways en Italie.

La lumière électrique. — Les deux dernières séances de la Société des Telegraph-Engineers, ont été occupées par une importante communication de M. ALEXANDRE SIEMENS.

Cette communication comprend l'examen successif des machines dynamo-électriques et des appareils d'éclairage proprement dits, ou lampes. Pour les premiers, l'auteur en sa qualité de neveu du docteur C. W. Siemens, s'est particulièrement étendu sur la machine de ce nom. Il est hors de doute, d'après lui, que l'électricité a déjà dépassé le gaz pour la production des centres lumineux de grande intensité; les perfectionnements qu'on pourra apporter à la lumière électrique ne peuvent qu'accroître cette supériorité. Le docteur Hopkinson a démontré qu'une machine dynamo-électrique rend à peu près 90 pour 100 de la puissance mécanique employée. Il y a donc fort peu à gagner sur ce point. A l'origine, le courant de l'armature rotative passait dans les hélices des aimants fixes et les lampes se trouvaient toutes dans le même circuit; mais dans les nouvelles machines, on emploie le système de Wheatstone; on divise le courant de l'armature, une partie va autour des aimants et le reste dans les lampes; l'effet des aimants est ainsi moins sujet à éprouver des variations avec la résistance du circuit des lampes.

On fait encore mieux actuellement; on emploie une machine spéciale pour exciter les aimants d'une manière constante; c'est le système employé par MM. Siemens au British Museum. Un point à observer, c'est la proportion entre la résistance de l'arc voltaïque et celle du reste du circuit; si par exemple, l'arc voltaïque a une résistance de 10 et le reste du circuit une de 1, lorsque les charbons viennent au contact il y aura une réduction de 90 pour 100 dans la résistance totale. Il est préférable de donner au circuit une résistance égale à celle de l'arc, parce que la variation n'est plus que de 10 à 5 au lieu de 10 à 1.

Si les machines présentent peu de champ aux perfectionnements, il est loin d'en être de même des lampes.

Une bonne lampe doit être simple, peu coûteuse; elle doit pouvoir se manœuvrer indépendamment de celles du même circuit.

On a pris un très grand nombre de patentes dans ces derniers temps pour des inventions relatives aux lampes; les auteurs auraient dû commencer par lire la liste des patentes anglaises, dressée par le colonel Bolton et publiée par le Journal de la Société des Telegraph-Engineers. Un grand nombre de ces soi-disant inventions n'ont rien de nouveau.

Comme système d'éclairage, M. Siemens examine d'abord l'incandescence.

L'incandescence d'un charbon, patentée d'abord par de Moleyns en 1841, et étudiée récemment par Werdermann et Reynier, donne moins de lumière que l'arc, le charbon brûle rapidement à l'air, ce système est donc plus coûteux, mais il a l'avantage d'une très grande fixité et comme il permet d'obtenir de petits foyers, il est mieux approprié à l'éclairage domestique.

La meilleure lampe à incandescence est probablement jusqu'ici la lampe André. Le charbon n'est pas dans l'air, mais il n'est pas non plus dans le vide, ou dans de l'azote, comme dans les appareils Édison, Sawyer et Mann; il est renfermé dans une enveloppe imperméable à l'air; celui qui s'y trouve à l'origine est rapidement transformé en acide carbonique; dès lors le charbon brûle à raison de 3 millimètres à l'heure, de sorte qu'une baguette de 50 centimètres peut durer 150 heures. Il n'y a qu'un crayon de petit diamètre, dont la pointe repose sur une masse de cuivre, qui forme le pôle négatif; à mesure que le charbon se consume, il descend par son propre poids avec le tube vertical qui le protège.

Le vase en verre qui contient le charbon est logé dans une enveloppe concentrique également en verre, et l'intervalle est rempli d'eau; cette eau a un effet de diffusion analogue à celui d'un globe opalin et elle peut être teintée de diverses couleurs.

Dans une soirée donnée à Stafford-House, et où assistait le prince de Galles, les galeries de peintures, les salons, la salle à manger et le grand vestibule étaient éclairés par 36 lampes de ce type donnant chacune 20 bougies, le tout actionné par une petite machine Gramme du modèle A.

M. Siemens passe ensuite à l'étude de l'arc voltaïque, il décrit la lampe récemment imaginée par MM. von Hefner Alteneck et Siemens. Deux modèles méritent une mention spéciale. Dans le premier, dit lampe-pendule, le courant passe dans un solénoïde, qui attire une pièce mobile et dégage une pièce oscillante ou pendule, celui-ci agit sur les charbons et les rapproche jusqu'à ce que l'arc soit rétabli, alors la pièce mobile est réenclenchée.

Dans l'autre modèle les charbons sont placés horizontalement, de manière à ne pas exiger de mécanisme inférieur qui projette un eombre; le courant, passant encore dans un solénoïde, attire une pièce mobile qui, par l'intermédiaire de leviers coudés et de poulies, opère le rapprochement des charbons. Un réflecteur placé à la partie supérieure rabat la lumière.

M. Siemens indique que pour obtenir 6,000 bougies avec une machine Siemens à courants alternatifs, il faut quatre chevaux; on brûle 7 1/2 centimètres de charbon à l'heure.

Avec une machine à gaz la dépense pour produire une lumière de 6,000 bougies par l'électricité est de 3 fr. 20, avec l'emploi direct du gaz la dépense serait de 6 francs; l'économie est donc de 47 pour 100 en faveur de l'électricité. Avec une machine à courants continus de Siemens on a constaté une économie de 80 pour 100. Avec de bonnes machines à vapeur, l'avantage serait encore plus grand. Mais il faut se hâter de dire que ces énormes lumières ont peu d'applications et que le gaz n'a rien à en redouter.

A Albert-Hall on dépensait 675 mètres cubes coûtant 110 francs, la lumière électrique a donné une économie de 66 pour 100; à Blackpool, 6 lampes électriques, donnant 6,000 bougies chacune, dépensent 83 francs et remplacent une dépense de gaz de 180 francs, économie 54 pour 100.

Au British Museum, où l'emploi de la lumière électrique a permis de doubler la durée des séances de lecture, il y a 4 foyers de 4,000 bougies dans la salle de lecture et 7 foyers de 4,000 dans le vestibule et sur la façade; les premières sont alimentées par 4 machines à courants continus, les autres par une machine à courants alternatifs; il y a, en outre, une machine spéciale pour exciter les aimants.

Dès le matin on dispose les charbons des lampes, on essaye si tout va bien et la machine à vapeur reste en pression, de sorte que dès que l'obscurité commence, à la chute du jour ou en cas de brouillard, les lampes sont allumées instantanément.

De cette manière, la dépense est un peu plus élevée, mais néanmoins elle n'a été que de 2,700 francs pour 360 heures d'éclairage, soit 7 fr. 50 à l'heure. Avec le gaz on dépenserait 18 fr. 75, l'économie est donc de 60 pour 100.

M. Berly, représentant de la Société Jablochkoff, a donné des détails sur les installations faites à Paris, aux magasins du Louvre, à l'avenue de l'Opéra, à l'Hippodrome et enfin à l'Exposition de peinture de 1879, où fonctionnaient 256 lampes Jablochkoff. Les progrès de cet éclairage à Londres peuvent être indiqués par ce fait qu'en décembre 1878, il y avait 20 lampes sur les quais de la Tamise, 10 autres ont été ajoutées en mai 1879, puis 10 au pont de Waterloo en octobre, soit en tout 50 lampes alimentées par la même source placée à Charing-Cross. Depuis et toujours par la même source on a éclairé la station de Victoria du Métropolitain et les bureaux du Métropolitan Board of Works, plus divers établissements particuliers. L'administration métropolitaine payait d'abord 0 fr. 60 par lampe et par heure, puis 0 fr. 50, 0 fr. 40 et actuellement le prix est réduit à 0 fr. 25.

Les premières bougies coûtaient 0 fr. 80, elles ne coûtent plus aujourd'hui que 40 et durent plus de deux heures.

M. Berly a simplifié l'établissement des conducteurs en se servant comme fil de retour des rails du chemin de fer entre Charing-Cross et Victoria-Station.

Il appelle l'attention sur ce fait que des foyers répandus sur une aire

circulaire de 5 1/2 kilomètres de rayon sont alimentés avec une source centrale unique.

M. Conrad Cooke donne un résumé de l'état actuel de la question.

Il considère le système Werdermann comme celui qui permet la plus grande fixité; cela tient à ce que ce système est intermédiaire entre l'arc voltaïque et l'incandescence et participe aux caractères de chacun; les pouvoirs éclairants de l'arc et du point incandescent variant en sens inverse l'un de l'autre, il se produit une sorte de compensation.

M. Cooke croit que le système Brush est appelé à jouer un rôle important. La lampe Crompton qui éclaire la salle de la réunion, a une régularité satisfaisante due à ce que les charbons y sont mus d'une façon continue et très lente au lieu de l'être par des avancements brusques suivis d'arrêts, ce qui cause les oscillations de la lumière.

M. Crompton dit que la dépense d'établissement des conducteurs est un gros article; il a essayé le retour par le sol, mais n'a pas réussi.

M. Ladd, représentant du système Brush, le croit approprié à l'éclairage des grands espaces, il revendique pour lui la fixité, la simplicité et l'économie. Ce système est en essai à la station de Liverpool Street et dans divers autres endroits.

Le Président, Colonel Preece, termine la discussion en appelant l'attention de la Société sur la nécessité d'adopter une unité photométrique plus satisfaisante que la bougie, qui donne lieu à des confusions. Il considère que le problème de la mesure de la lumière, malgré les recherches des savants, n'est point encore actuellement résolu d'une manière satisfaisante, et qu'il y a encore quelque chose à trouver dans cet ordre d'idées.

Chemin de fer funiculaire et à crémaillère du Giessbach. — M. Abt a donné à la Société suisse des Ingénieurs et Architectes une description de ce travail qu'il a exécuté comme Ingénieur de la fabrique de machines d'Aarau sous la direction de M. Riggenbach.

L'hôtel du Giessbach, situé près de la célèbre cascade de ce nom, est à 617^{m},46 au-dessus du niveau de la mer, et à 93^{m},33 au-dessus de la station établie au bord du lac de Brienz; la longueur du chemin de fer est de 346^{m},15 et sa projection horizontale de 333^{m},33. La pente moyenne serait de 280 pour mille; les pentes réelles sont de 320 millièmes sur 12 mètres, 280 millièmes sur 302^{m},15, 240 millièmes sur 12 mètres.

Il y a double voie au milieu sur 50 mètres de longueur avec raccordements de 75 mètres de rayon; au bord du lac, il y a une voie de garage avec raccord de 50 mètres de rayon. La voie est à l'écartement de 1 mètre. Le chemin est en partie en remblai et en partie sur viaduc en fer composé de trois arches de 38 mètres de portée chacune. Ce viaduc est très léger, les arcs sont en fer à T, les longerons en fer [et les pièces de ponts en fer Zorès, la superstructure métallique ne pèse que 67,700 kilogrammes, les piles et culées sont en maçonnerie.

La voie posée sur traverses en chêne est en rails Vignoles de fer de

16 k., 75 le mètre; la crémaillère du système de construction adopté par M. Riggenbach, fers en] et dents rapportées, pèse 32 kilogrammes le mètre, elle est par bouts de 3 mètres; des longrines en fer], pesant 3 k., 35 le mètre, relient les traverses en dehors des rails.

La traction a lieu au moyen de l'excédent de poids du wagon descendant qui remonte l'autre wagon, les deux étant réunis par un câble, à la façon d'un chemin automoteur; l'excédent de poids est donné par de l'eau qu'on prend en haut dans un réservoir alimenté par le Giessbach et qu'on vide dans le lac une fois arrivé en bas; la crémaillère ne sert que comme moyen de sûreté.

Toutefois, elle est également employée pour la remonte de wagonnets à marchandises mus à bras. Un système d'aiguilles permet le croisement au milieu de la longueur du chemin. Chacun des wagons à son passage fait l'aiguille pour l'autre.

Le câble est en fils d'acier, il a 23 millimètres de diamètre et a été fait chez Stein, à Mulhouse, il pèse 2 kilogrammes le mètre.

Les voitures sont montées sur trois essieux, dont les deux d'arrière, c'est-à-dire les plus bas forment bogie; la forme est celle des voitures du Rigi, il y a six compartiments ouverts à deux bancs chacun, en tout 40 places.

Le poids à vide, est de 5,300 kilogrammes.

L'essieu d'avant porte une roue qui engrène avec la crémaillère, cet essieu est serré par un frein à mâchoire avec commande à vis, et commande à contrepoids; il y a en outre une griffe qui accroche la crémaillère en cas de rupture du câble.

Il y a sous la voiture deux réservoirs, l'un de 2 mètres cubes, l'autre de 3m,50, la capacité totale est donc de 5,500 litres.

La charge d'eau varie naturellement suivant la charge du wagon montant et celle du wagon descendant.

Le cas le plus défavorable est celui où le wagon d'en bas est plein et celui du haut vide, on a alors :

En bas :	Wagon.	5,000 kilog.
—	40 personnes.	3,000 »
—	Bagages.	500 »
—	Câble..	700 »
	Total.	9,500 kilog.
En haut :	Wagon	5,300 kilog.
—	Eau.	5,500 »
	Total.	10,800 kilog.

l'excédent de 1,300 kilog., doit vaincre la résistance des véhicules et le frottement du câble.

Le trajet à raison de 1 mètre par seconde dure environ 6 minutes, l'ascension à pied demandait une demi-heure. Le service dure du 15 juin au

15 septembre; de 7 heures du matin à 8 heures du soir, il y a 16 trains réglementaires; mais lorsqu'à l'arrivée des bateaux qui a lieu quatre fois par jour dans chaque sens, il se présente 200 personnes et plus, il faut faire une quantité de trains supplémentaires.

Voici quel a été le prix d'établissement :

Études	5,000 fr.
Terrains	14,000
Travaux	75,750
Voie	16,620
Bâtiments	12,050
Câble, poulies, etc.	6,760
Matériel roulant	16,700
Total	146,880

La concession a été donnée par le Conseil fédéral, à M. Hauser, propriétaire de l'hôtel du Giessbach, le 16 décembre 1878, et le 19 juillet 1879, a pu avoir lieu la réception par les Inspecteurs du contrôle fédéral.

Voici les résultats de la première campagne :

Recettes.		
14,820 billets à 1 fr.	14,820 fr.	
Bagages	3,040	18,280 fr.
Recettes diverses	420	
Dépenses.		
Administration	450 fr.	
Entretien de la voie	420	
Exploitation	1,530	3,640 fr.
Matériel et traction	1,240	
Produit net		14,640 fr.

soit très exactement 10 pour 100 du capital d'établissement.

Bateaux à vapeur sur le Rhin. — M. J. Ravenhill a lu à l'Institution of Naval-Architects, un mémoire sur les bateaux à vapeur pour transport de voyageurs sur rivières, d'où nous extrayons les renseignements ci-dessous sur les célèbres bateaux-salons du Rhin. Les deux premiers de ces bateaux ont été construits en Hollande, en 1865, et munis de machines inclinées directes à roues de la maison Ravenhill et Salkeld, de Londres. Ils peuvent porter 1,000 passagers et effectuent le trajet à la remonte de Cologne à Mayence, en 11 heures 50 minutes.

Pendant la guerre franco-allemande, ils ont été constamment occupés au transport des troupes et des munitions. Les coques étant très légères d'échantillon, il nous paraît intéressant d'en donner les principales dimensions.

Longueur 73m,20, largeur 8m,23, creux 4m,98; la quille est en tôle de fer, les membrures en cornières d'acier de 64 millimètres sur 38 millimètres et 6 millimètres d'épaisseur, écartées de 0m,535; les varangues sont en tôle d'acier de 0m,23, épaisseur 6 millimètres, le bordé est en tôle de fer de 6 millimètres dans les fonds et 4,5 au-dessus; les cloisons en tôle de 3 millimètres, les barrots ont 90 millimètres sur 38 millimètres, et les bauquières, 0,945 sur 4,5 d'épaisseur.

Les machines de 140 chevaux nominaux ont deux cylindres de 1m,17 de diamètre et 1m,22 de course fonctionnant à une pression effective de 1k,75.

En 1870, la Compagnie commanda deux autres bateaux semblables, sauf pour la longueur, qui fut portée à 79m,30, le creux porté à 2m,30, tandis que la largeur fut réduite à 7m,62.

La pression aux chaudières fut élevée à 2 kilogrammes. Ces bateaux font un excellent service et méritent d'être rappelés alors que le type de bateau-salon, originaire d'Amérique, devient d'un usage général sur les grands fleuves et les lacs européens.

Durée des traverses de chemins de fer. — De relevés faits sur les chemins allemands et autrichiens on a obtenu pour les traverses non injectées les durées moyennes suivantes :

Chêne.	13,6 années.
Sapin.	7,2 —
Pin.	5,1 —
Hêtre.	3 —

Les mêmes bois injectés sous pression avec du chlorure de zinc ou de la créosote ont présenté les durées suivantes :

Chêne.	19 années.
Sapin.	14 à 16 —
Pin.	8 à 10 —
Hêtre.	15 à 18 —

La durée moyenne de 831,341 traverses de sapin employées sur 13 chemins de fer allemands et injectées par divers procédés a été trouvée de quatorze ans.

Voici d'après des relevés faits à diverses époques, aux réunions techniques des chemins de fer allemands, comment se répartit l'emploi des divers procédés d'injection des traverses.

MÉTHODES D'INJECTION.	Nombre de Compagnies employant ces méthodes aux époques ci-dessous.		
	1865.	1868.	1877.
Sulfate de cuivre	15	6	5
Sulfate de fer et sulfate de zinc	1	—	—
Sulfate de baryte et oxyde de fer	2	—	—
Sublimé corrosif	8	6	8
Chlorure de zinc	8	7	20
Créosote	4	5	13
Chlorure de zinc et créosote ensemble	—	—	4

Ces renseignements sont extraits d'un travail très étendu du conseiller intime Funk, de Cologne, travail publié dans le 2e numéro de 1880 de l'*Organ*.

Résistance à la traction des voitures de tramways. — D'après le journal de la Société des ingénieurs et architectes de Hanovre, on a trouvé sur les tramways de la ville de Hanovre que la résistance à la traction d'une voiture à deux chevaux marchant à la vitesse de $2^{m},60$ par seconde et pesant 6817 kil., est de $5^{k},53$ par tonne (1/181) et celle d'une voiture à un cheval pesant 3650 kil. et marchant à la vitesse de $3^{m},75$ par seconde, $6^{k},044$ par tonne (1/156). Il est fâcheux que la note n'indique pas le système de voie employé.

Les tramways en Italie. — Voici quelle était en 1879 la situation des tramways en Italie :

	Traction par chevaux.	Traction mécanique.	Total.
Tramways en exploitation	$162^{k},24$	$353^{k},43$	$515^{k},67$
d° en construction	40 00	134 00	144 00
Concessions demandées	24 00	984 70	1008 70
Totaux	$196^{k},24$	$1472^{k},43$	$1668^{k},37$

Ces diverses lignes se trouvent dans l'intérieur ou aux environs immédiats de vingt-quatre villes. *Eisenbahn.*

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 12 avril 1880.

Note de M. Marcel Deprez sur **un nouvel indicateur dynamométrique.** — M. Deprez a cherché à faire tracer le diagramme par le crayon seul en mouvement, le papier étant au repos et collé sur une surface plane, et cela dans le but d'éviter l'emploi des ressorts de rappel nécessaires pour ramener le papier, emploi qui présente des inconvénients surtout pour les machines faisant 4 à 500 tours par minute.

Le problème se trouve résolu au moyen d'un pantographe dont un des points est attaché au crayon de l'indicateur, un autre point guidé en ligne droite reçoit l'attache de la ficelle commandée par le piston de la machine en essai, le crayon est à un troisième point. Les mouvements du piston de l'indicateur et du piston de la machine se composent donc dans un rapport qu'on a déterminé d'avance et le crayon donne le diagramme cherché. On fait à chaque coup de piston avancer le papier d'une certaine quantité et on a ainsi autant de diagrammes indépendants qu'on le désire.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

FÉVRIER 1880.

Note sur le profit des travaux, par M. de Labry, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — L'objet de ce travail est de définir les conditions auxquelles les travaux publics de construction sont rémunérateurs, c'est-à-dire à quelle condition celui qui en paye l'établissement en retirera un bénéfice, ou tout au moins ne sera pas en perte. Le profit tiré du travail par le public est ordinairement le seul résultat d'abord tangible, le péage étant en général inadmissible lorsqu'il s'agit de travaux faits par l'État; ce

n'est que grâce à une augmentation de rendement des impôts que celui-ci peut se rémunérer.

L'auteur ajoute qu'il est impossible de tracer en pareil cas à l'administration centrale une règle de conduite absolue, car bien des influences peuvent agir. On doit d'ailleurs admettre dans une certaine mesure la solidarité entre les diverses parties d'un même pays, riches ou pauvres.

On peut estimer comme suit la valeur approximative des travaux publics exécutés en France.

Ponts routes, chemins.	5 milliards.
Canaux et rivières navigables.	1 —
Ports maritimes, phares.	1 —
Rues des villes.	3 —
	10 —
Chemins de fer.	10 —
Total.	20 milliards.

Ce n'est pas trop d'évaluer à 10 milliards le développement de la production du pays, par suite de l'exécution de ces travaux, et à 1 milliard les recettes qui en proviennent pour le budget. On serait donc conduit à admettre que ces travaux d'ensemble rapportent largement au public 50 pour 100 et à l'État 5 pour 100 des dépenses d'établissement.

Construction du réservoir de Paroy sur le canal de la Marne au Rhin, par M. A. Picard, ingénieur des ponts et chaussées. — Ce réservoir est situé à 7 kilomètres environ de la nouvelle frontière allemande, il est destiné à fournir l'appoint indispensable pour l'exhaussement de la tenue d'eau à 3 mètres et à assurer l'alimentation et le maintien des relations entre le groupe industriel du Sanon et la France, pendant le chômage de la partie devenue allemande du canal.

Le bassin qui alimente le réservoir a une superficie de 1193 hectares.

Quant au réservoir lui-même la superficie de la nappe d'eau est de 73,35 hectares, le point le plus bas de la cuvette est à la cote 226 du nivellement général de la France, la capacité est de 1,710,000 mètres cubes.

La digue de retenue a 420 mètres de développement, elle est rectiligne sur les 2/3 et curviligne sur le reste de la longueur, elle est en terre avec revêtement à gradins.

La dépense d'établissement a été :

Terrains.	340,000 fr.
Travaux.	195,000
	535,000 fr.

Cette dépense ressort par mètre cube de capacité du réservoir à :

Terrains.	0,20
Travaux.	0,10
	0,30

MARS 1880.

Note sur les divers procédés de dragage employés dans les ports de l'Amérique du Nord, par M. LAVOINNE, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — Cette note contient d'intéressants détails sur les divers systèmes de dragues employés aux États-Unis, systèmes qui peuvent se réduire à quatre types.

A. Les dragues à échelle, à peu près exclusivement employées en Europe, sont, au contraire, très rares en Amérique.

B. La drague à cuiller, modèle bien connu de l'excavateur dit Américain, est, au contraire, très employée, la cuiller a jusqu'à 2 mètres cubes de capacité. Il y a beaucoup de types qui ne diffèrent guère que par les détails de construction, ces dragues sont généralement sur béquilles. On leur attribue l'avantage :

1° De n'élever le déblai qu'à la hauteur strictement nécessaire;

2° De se prêter à toutes les sujétions qui peuvent résulter de la forme plus ou moins compliquée des fouilles ou du voisinage des navires dans les bassins;

3° D'avoir des organes plus simples, d'une réparation plus facile et d'une manœuvre plus sûre;

4° De rendre l'action de la cuiller sur le fond plus efficace et le remplissage plus complet lorsque le sol est d'une désagrégation difficile.

C. Le système de dragues à mâchoires dites Clam-Shells tend à se substituer au précédent. Il y a deux cuillers formant chacune un quart de cylindre; on les écarte pour les faire pénétrer dans le sol par leur poids, et on les rapproche ensuite pour les remonter verticalement avec leur contenu.

Il y a une foule de types, Morris et Cumings, Curtis et Fobes, Symonds, Hall, Both, Holroyde, etc. Ce système a, dit-on, l'avantage d'avoir des organes plus simples que la drague à cuiller, on peut draguer verticalement à de grandes profondeurs, le remplissage de la caisse n'est que peu influencé par l'agitation de la mer; l'opération est analogue à celle du mouillage et du relevage d'une ancre et peut se faire partout où celle-ci est possible; enfin ce système se prête très bien à l'extraction des blocs sous l'eau.

D. On emploie également les dragues agissant par aspiration ou succion, surtout à l'embouchure des fleuves vaseux comme le Mississipi; une drague de ce genre y extrait 1000 mètres cubes par jour, en 39 opérations, soit 3 par heure.

Il y a divers types, le type Burden à pompes centrifuges aspirant directement, le type Newton à pompes à pistons faisant le vide dans des réservoirs.

L'auteur passe en revue les travaux de dragage les plus importants, ceux de l'approfondissement du Saint-Laurent en aval et à l'intérieur du port de Montréal, effectué d'abord par des dragues à échelles établies sur le modèle de celles de la Clyde, puis par des dragues à cuiller, les travaux des ports

de Boston, de Baltimore, New-York, les dragages dans la Delaware et le Schuylkill dans le port de Philadelphie et au-dessous, et dans le port de San-Francisco.

Dans ce dernier on a constaté que le dragage dans la vase molle coûtait 75 centimes par mètre cube avec les dragues à mâchoires, tandis qu'il ne descendait pas au-dessous de 1 franc avec les dragues à cuiller. Les conclusions de M. Lavoinne sont que les procédés de dragage employés aux États-Unis ont ceci de particulièrement intéressant, qu'ils présentent sous un jour nouveau des engins employés anciennement et actuellement abandonnés en Europe, et qui, par des perfectionnements mécaniques combinés avec l'emploi de la vapeur, ont acquis une puissance et des qualités nouvelles.

Résistance des voûtes et des arcs métalliques, par M. de Perrodil, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — Cette note, donnant les méthodes graphiques et analytiques présentées par l'auteur pour l'étude de la résistance des voûtes, est un résumé de la théorie développée dans son ouvrage publié en 1878 sous le même titre.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1880.

Étude sur la stabilité de la coupole projetée, par Bramante, pour la basilique de Saint-Pierre de Rome, par M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées (Rapport fait par M. Collignon sur un mémoire intitulé). — M. Durand-Claye a appliqué au problème de la stabilité des voûtes sphériques la solution qu'il a donnée pour les voûtes en berceau; il représente au moyen de constructions graphiques toutes les courbes de pressions admissibles, de manière à tracer un contour fermé au dedans duquel l'extrémité de la poussée à la clef est comprise quand les conditions de l'équilibre sont toutes remplies; l'aire du contour-limite donne en quelque sorte une mesure sensible de la probabilité de l'équilibre. Pour la voûte de révolution, on considère à part un anneau central servant pour ainsi dire de clef à la voûte sphérique et on découpe en onglets convergents, assimilables chacun à des fragments de voûte cylindriques, les portions de voûte qui soutiennent cet anneau central.

La construction relative aux voûtes en berceau s'applique facilement à l'équilibre de l'onglet élémentaire, si on a soin de tenir compte de la variation de largeur de cet onglet, largeur qui s'accroît à mesure qu'on

s'éloigne de l'axe de la surface. M. Durand-Claye démontre que dans le projet de coupole de Bramante, la voûte aurait été dans de bonnes conditions de stabilité avec l'emploi de matériaux supportant 7 à 8 kilog. par centimètre carré à la compression.

En dehors de l'utilité que présente cette solution pour le problème des voûtes sphériques, il est intéressant de voir les méthodes scientifiques modernes confirmer les inspirations d'un architecte habile.

Appareils construits pour l'analyse des betteraves, par M. Olivier Lecq (Rapport de M. Aimé Girard sur). — Ces appareils, destinés à appliquer la méthode simple et rapide établie par M. Violette avec l'emploi de la liqueur cuprique de Barreswill, se composent d'une sonde spéciale pour prélever l'échantillon de betterave, de bains de sable pour chauffer les matras pour l'inversion du sucre, enfin d'un appareil d'analyse; ce dernier est formé de trois étoiles superposées à cinq branches chacune, l'une des étoiles porte les pipettes graduées à robinet, les deux autres servent à maintenir les tubes à essai; une rotation angulaire des étoiles inférieures amène à volonté les tubes au-dessus d'une rampe à gaz qui détermine l'ébullition et la précipitation de l'oxydule de cuivre.

Communication de M. Dumas relative à l'impôt sur le sucre.

Note sur les graves accidents produits par l'acide carbonique dans les mines de houilles de Rochebelle, (Gard), par M. Daubrée.

AMERICAN INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS

FÉVRIER.

Suite de la discussion sur le projet de canal interocéanique.

M. Ashbel Welch, considère le projet de canal par le Nicaragua présenté par M. Menocal, comme très judicieusement étudié. Il en critique seulement quelques détails; les dimensions sont insuffisantes pour la navigation océanique, qui demande déjà des navires de 8 mètres de tirant d'eau, les écluses devraient avoir au moins 151m,50 (500 pieds).

La présence des écluses n'est pas une objection sérieuse si on n'en multiplie pas trop le nombre, et si on a soin d'employer des arrangements pour réduire la dépense d'eau.

La préférence qu'on voit parfois donner au canal à niveau est une affaire de sentiment et non de raisonnement, il serait aussi raisonnable de proposer de faire un chemin de fer absolument sans aucune courbe. L'exemple du canal de Suez n'est pas à invoquer, car les conditions y étaient absolument différentes.

On devra faire un large emploi du bois, pour les fondations et pour les parements des écluses; il vaut mieux que le béton dans les pays à tremblements de terre; d'ailleurs, le bois est par excellence la matière du constructeur américain, comme le fer est celle de l'anglais et le béton du français.

Le lac de Nicaragua n'a pas assez d'eau, il faudrait donc ou l'approfondir partiellement en y creusant un chenal ou en élever le niveau d'eau de $4^{m},60$, ce qui produirait une économie de 50 millions de francs, tout en donnant de bien plus grandes facilités à la navigation.

Le prix total du canal par le Nicaragua pourra ainsi s'élever à 400 millions; mais il est prudent de prévoir une augmentation de 25 pour 100 et de porter ainsi le prix à 500 millions.

Il faut en outre tenir compte des intérêts pendant la construction, et ajouter de ce chef, à raison de 7 pour 100 l'an, 117 1/2 millions pour une durée de travaux de cinq ans, 190 millions pour huit ans et 245 millions pour dix ans.

En résumé quelles que soient les difficultés qu'on peut rencontrer au Nicaragua, ce n'est qu'un jeu à côté de l'exécution d'un canal dans la vallée du Chagres (Panama), sillonnée par 22 rivières qui donnent de temps en temps naissance à de véritables déluges.

Un canal interocéanique est assurément une œuvre qui doit être d'un immense avantage pour les États-Unis et pour le monde entier; mais il est indispensable, avant de se lancer dans l'exécution, de bien étudier les difficultés et les dépenses de construction pour ne pas s'exposer à commencer un ouvrage qu'on ne pourrait plus terminer.

M. Julius W. Adams, développe longuement des considérations politiques, dont la conclusion est que le canal interocéanique doit être exclusivement un canal *américain*, et que pour lui conserver ce caractère, il n'y a qu'un tracé admissible, celui par l'isthme de Téhuantépec, qui permet au canal de déboucher dans le golfe du Mexique, qui est ou sera tôt ou tard une mer *américaine*. Toute autre nature de considération pour un tracé doit être secondaire. D'ailleurs, la position de Téhuantépec est aussi avantageuse pour les États-Unis au point de vue géographique qu'au point de vue politique.

Voici quelques chiffres.

Distance de San-Francisco à	Via Cap Horn.	Via Panama.	Via Téhuantépec.	Différence en faveur de Téhuantépec.
Liverpool. . . .	15,710	8,607	7,476	1,131
New-York. . . .	16,360	6,218	4,741	1,477
Nouv.-Orléans..	16,500	5,718	3,384	2,334

Du reste, si le canal par Téhuantépec doit desservir principalement les intérêts commerciaux des États-Unis, ce qui, en dehors de la question politique, est de toute justice puisque les deux tiers du trafic seront fournis par eux, ce tracé satisfait aussi les intérêts des autres nations.

Son exécution ne présente d'ailleurs nullement les impossibilités qui ont été mises en avant notamment par l'amiral Ammen.

M. Adams entre dans de grands détails sur le tracé du canal; il rappelle qu'une Compagnie américaine est en train de construire un chemin de fer à travers l'isthme de Téhuantépec, et qu'aux termes de sa concession, elle doit établir des ports aux deux extrémités, les travaux à faire pour cela sont d'ailleurs peu considérables. Ce chemin de fer faciliterait beaucoup la construction du canal.

Il n'y aurait pas besoin de tunnel; la hauteur à franchir de 210 mètres environ exigerait 110 écluses. Les dépenses pourraient s'élever à moins de 300 millions, si on prend les bases d'estimation de M. Menocal pour le Nicaragua.

La durée du trajet serait plus grande, il est vrai, que par ce dernier. On peut l'évaluer comme suit :

40 milles de rivières à 10 milles à l'heure. . .	4	heures.
105 — de canal à 4 —	26	—
110 écluses à 20 minutes.	37	—
Total.	67	heures.

soit : 38 heures 1/2 de plus que par le Nicaragua, mais cette considération est bien peu de chose en présence des avantages signalés plus haut pour le tracé par Téhuantépec comparativement aux tracés sud de celui-ci, avantages qui doivent faire absolument écarter ces derniers.

La question de la position du canal est une question d'ordre national pour les États-Unis.

MARS 1880.

Le 26 février une réunion extraordinaire de l'Institution a été tenue à l'Union League-Club, pour la réception de M. de Lesseps.

M. le Président, après avoir rappelé les discussions qui avaient eu lieu à l'Institution sur les divers projets de canal interocéanique, et notamment sur celui de M. Menocal, annonce que M. de Lesseps va exposer ses vues sur le canal de l'isthme américain, et les résultats de l'exploration qu'il vient de faire.

M. de Lesseps rappelle les circonstances dans lesquelles il a été conduit à s'occuper de la question du canal interocéanique.

Le canal de Suez a déplacé le commerce du monde et a produit un développement inattendu de la navigation à vapeur. L'ouverture du canal de Panama produira des résultats encore plus merveilleux surtout pour le commerce des États-Unis.

M. de Lesseps a commencé par réunir à Paris le Congrès auquel il a convoqué les Ingénieurs les plus éminents d'Europe et d'Amérique. 78 membres ont voté pour le tracé par Panama, 8 contre, 12 se sont abstenus. C'est le résultat du Congrès qui l'a déterminé a se mettre personnellement à la tête de l'affaire.

Il vient de faire avec un petit état-major d'ingénieurs une exploration dans l'isthme; les conditions climatériques y sont bien meilleures qu'à Suez et les difficultés d'exécution y seront bien moindres.

M. de Lesseps montre un modèle en relief du canal de Panama; les difficultés du passage de la vallée du Chagres ont été considérablement exagérées; il suffira de construire un barrage de 1600 mètres de longueur, et 40 mètres de hauteur, qui retiendra un milliard de mètres cubes d'eau. Il y a dans le monde au moins trois ouvrages de cette importance qui existent depuis des années; il y en a un en Espagne qui est plus élevé et qui a été fait il y a trois cents ans.

M. de Lesseps dit que son opinion est absolument contre les canaux à écluses; il n'aurait jamais consenti à s'occuper de l'affaire si elle eût comporté un canal de ce genre qui n'est nullement approprié à la grande navigation, par les pertes de temps qui en résultent, sans compter l'entretien ruineux des écluses dans les pays à tremblements de terre.

M. Dirks, ingénieur du Waterstaat de Hollande, a accompagné M. de Lesseps dans son exploration de l'isthme de Panama; il rappelle qu'il a construit le canal d'Amsterdam à la mer qui a complètement réussi, au prix de 80 millions et à l'immense avantage de la Hollande, alors que beaucoup d'ingénieurs et de savants considéraient ce travail comme impossible à exécuter.

Il ne considère pas le canal de Panama comme présentant plus de difficultés que le canal de Suez et que plusieurs ouvrages faits en Amérique ou en Europe. La tranchée dans le roc dont on a tant parlé est plus facile à faire que l'enlèvement de la roche sous-marine du Hell-Gate dans le port de New-York. La plus grande difficulté est dans les crues du Chagres, et M. de Lesseps a expliqué comment on en viendrait à bout.

M. de Lesseps, en réponse aux questions qui lui sont adressées, dit que le travail coûtera 850 millions dont 100 millions pour le barrage.

Au Congrès de Paris, on a estimé le transit à 6 millions de tonnes, chiffre qui pourra s'élever à 7,250,000 tonnes au bout de dix ans; à 15 francs par tonne, on aura un revenu de 90 millions de francs, pour la rémunération d'un capital d'un milliard. La moitié de ce capital est réservé à la souscription des États-Unis, aussi intéressés que toutes les autres nations ensemble à l'exécution de ce travail.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

Paris. — Imprimerie E. Capiomont et V. Renault, rue des Poitevins, 6.

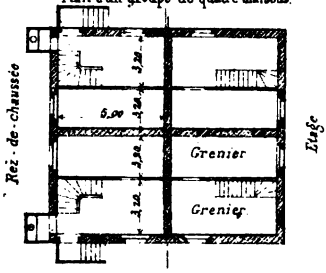
HABITATIONS OUVRIÈRES D'AUDINCOURT. Fig. III

MAISONS GROUPÉES.

Élévation d'un groupe de deux maisons

Plan d'un groupe de deux maisons

Plan d'un groupe de quatre maisons.

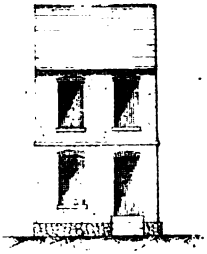


HABITATIONS OUVRIÈRES DE LILLERS. Fig. IV.

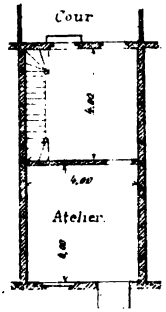
MAISONS GROUPÉES EN LIGNE.

1er Type.
Prix 4000 fr.
Loyer annuel 180 fr.

Élévation.

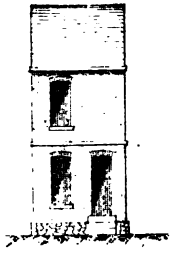


Plan.

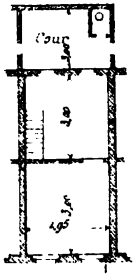


2me Type.
Prix 1600 fr.
Loyer annuel 72 fr.

Élévation.



Plan



M. Finden loue deux types intermédiaires aux prix de 106 et 117 fr par an.

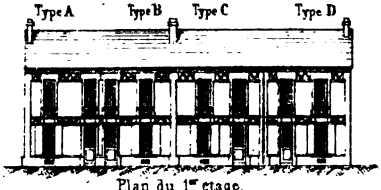
HABITATIONS OUVRIÈRES PARISIENNES Fig. VII.

E. Cacheux Arch.

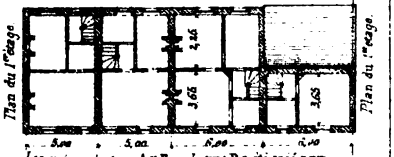
GROUPE DE 4 MAISONS CONTIGUES

Le type C a été créé par M. Muller Archte Ingr

Élévation.



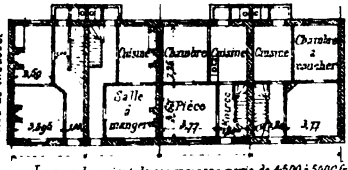
Plan du 1er étage.



Les maisons des types A et B sont celles qui se vendent le mieux.

Le type D a été créé pour utiliser un fourneau de cuisine pouvant chauffer la maison.

Plan du rez-de-chaussée



Le prix de revient de ces maisons varie de 4500 à 5000 fr
Le type D surélevé donne le type C.

Imp. Bruise & Courtier, 43 r. de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1880

N° 5

Pendant le mois de mai les questions suivantes ont été traitées :

1° *Expositions de Sydney et de Melbourne*, par M. Bourdil (séance du 7 mai, page 564).

2° *Question des travaux publics* (Discussion sur la) et Résumé de M. le Président (séance des 7 et 21 mai, pages 566 et 597).

3° *Chemin de fer de l'Arlberg*, par M. Pontzen (séance du 21 mai, page 593).

Pendant le mois de mai la Société a reçu :

De M. Angstrom, professeur d'hydraulique, à Stockholm, un exemplaire de sa *Notice sur les turbines et roues hydrauliques*.

De M. L. Gonin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, du canton de Vaud, un exemplaire de sa *Notice sur l'ascenseur à air comprimé pour chemins de fer à fortes rampes et à profils variés*.

De M. Pontzen, membre de la Société, un exemplaire de la *Notice sur le Chemin de l'Arlberg et sur l'application de la voie à crémaillère*, par M. Guenesch.

De M. Pintsch, un exemplaire de sa *Notice sur l'éclairage au gaz des wagons de Chemin de fer.*

De M. Casalonga, un exemplaire du *Mémoire sur l'Exposition universelle de* 1878.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Barbier,	présenté par	MM. Barrault, Delannoy et Loustau.
	Bernstein,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Brotherhood,	—	Chapman, Gottschalk et Oughterson.
	Camus,	—	Barrault, de Comberousse et Demimuid.
	Cahen,	—	Carimantrand, Franck et Mallet.
	Carrié,	—	Engelmann, Ozanne et Terrier.
	Collange,	—	Bourdon (Ch.), Bourdon (E.) et Cassagnes.
	Deharme,	—	Gottschalk, Level et Mathieu (H.).
	Denayrouse,	—	Cahen (A.), Suc et Regnard.
	Douka,	—	Bourdon (E.), Delage et Guillemin.
	Dupont,	—	Carimantrand, Franck de Préaumont et Marché.
	Fousset,	—	Barrault, de Comberousse et Demimuid.
	La Roche-Joubert,	—	Armengaud aîné fils, Delage et Guillemin.
	Malissard,	—	Mallet, Regnard et Rubin.
	Meissirel,	—	Desmarest, Rigollot et Tresca père.
	Melon,	—	Bremond, Ellissen et Marché.
	Mettey,	—	Guérin, Jannet et Marchal.
	Néri,	—	Agudio, Higneste et Mormot.
	Salis (le comte de),	—	Liebaut, Richemond et Richard.
	Sauvée,	—	Bourdon (Ch.), Bourdon (E.) et Cassagnes.
	Sazerac,	—	Carimantrand, Marché et Mallet.
	Verdavaine,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Viterbo,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Vuillaume,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Yrazusta,	—	Martin (Ch.), Sergueeff et Vée.

Comme Membres Associés :

MM.	Laveissière (J.),	présenté par	MM. Carimantrand, Mallet et Marché.
	Mabille (Valère),	—	Carimantrand, Marché et Orsatti.
	Maiche,	—	Carimantrand, Cahen-Strauss et Franck.

Montagnier,	présenté par	MM. Barrault, de Comberousse et Rey.
Neher (Robert),	—	Carimantrand, Marché et Franck de Préaumont.
Péreire (Gustave),	—	Gottschalk, Guérin de Litteau et Marché.
Pierard,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.

NOTE

SUR LES

GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878

PAR M. ACHILLE ALLART.

INTRODUCTION

L'étude des générateurs de vapeur à l'Exposition universelle de 1878 n'est pas sans présenter quelque difficulté, les modèles présentés sont nombreux; chaque ingénieur a sa manière de voir personnelle; enfin les conditions de fonctionnement d'une chaudière à vapeur diffèrent avec les industries auxquelles elles fournissent la force motrice. Aussi, malgré l'importance de la question qui est en somme celle de la production de vapeur à bon marché, n'avons-nous pas la prétention d'avoir tout vu et tout dit; nous nous sommes uniquement proposé de mettre sous vos yeux une sorte *d'encyclopédie* du générateur à vapeur à l'Exposition, où nous avons réuni, collationné tous les renseignements, tous les chiffres que nous avons pu recueillir.

La France, l'Angleterre, la Belgique et la Suisse ont principalement fourni les différents spécimens dont nous avons à parler. Les États-Unis, la Suède et l'Autriche offrent quelques types de chaudière intéressants surtout au point de vue de leur construction. Mais ces chaudières sont toutes des chaudières marines ou de locomotives, et je laisse aux sections spéciales le soin de vous en entretenir.

Dans ce travail, qui a surtout en vue les chaudières fixes, les chaudières d'usines, nous envisagerons les appareils propres à produire la vapeur sous les trois points de vue suivants :

1° Combustion;

2° Utilisation de la chaleur;

3° Construction des chaudières. — Accessoires.

PREMIÈRE PARTIE

COMBUSTION

DES FOYERS DE GÉNÉRATEUR.

Les foyers, dans leurs formes et leurs dispositions, varient suivant les types de chaudières dont ils font partie, mais ils peuvent toujours se diviser en deux grandes classes :

1° Les foyers extérieurs; 2° les foyers intérieurs. Dans les uns et les autres, on cherche à obtenir une combustion parfaite, dont la caractéristique est que les produits gazeux n'offrent plus trace d'oxyde de carbone ou de produits carburés. Ce résultat dépend en grande partie des proportions du foyer; elles sont la résultante des dimensions de la grille, qui en est la partie essentielle. Or, la grille doit être telle que la surveillance et la conduite du feu soient faciles; il ne faut donc pas la faire trop longue. Dans les foyers extérieurs cette condition est facile à remplir, il n'en est pas de même dans les foyers intérieurs. Ceux-ci sont généralement placés dans des tubes d'un diamètre maximum de 1 mètre. Faute d'une largeur suffisante, on se rattrape sur la longueur. Ce dernier genre de foyer a, il est vrai, un grand avantage sur le précédent. Placé au sein même de la masse à échauffer, toute la chaleur produite se trouve utilisée. Les foyers extérieurs amènent une grande déperdition de chaleur par leurs parois; on a cherché à l'atténuer en garnissant ces parois de tubes, mais ces essais n'ont pas réussi; les tubes ne duraient pas, le métal dont ils étaient formés se brûlant au contact de la brique chaude.

Dans le foyer, genre locomotive, au contraire, nous trouvons tout à la fois les avantages des foyers extérieurs et intérieurs, ils permettent une grille large et peu profonde ; la combustion se produit au milieu

de la masse à échauffer, enfin le ciel du foyer peut être placé à une hauteur suffisante au-dessus de la grille pour laisser la flamme se développer complètement et, par conséquent, permettre aux gaz de se mieux brûler. Rappelons que ce genre de foyer a été employé, pour la première fois, sur des générateurs fixes par M. Nozo, aux ateliers de la Compagnie du Nord, à la Chapelle. Ces quelques considérations expliquent la faveur marquée dont jouissait, à l'Exposition, le foyer genre locomotive.

Si nous passons en revue les différents genres de foyers exposés, nous trouvons le foyer *extérieur* sur les *chaudières Boyer et Villette*, *Fontaine*, *Durenne*, *Lebrun* et *Meunier*. Ces foyers présentent les dispositions bien connues de vous. Je dirai seulement quelques mots d'un mode de chauffage particulier, appliqué aux chaudières en fer de M. Meunier. Je veux parler du chauffage Verdié. L'examen de la brochure de M. Sineau montre que ce système opère la *combustion lente* : 1° en insufflant un courant d'air froid sous la grille ; 2° en faisant une reprise des gaz brûlés, qu'on injecte au milieu des produits de la combustion au niveau de l'autel. Des essais faits à Reims, Seraing, aux charbonnages de Mariemont, auraient démontré une économie de 20 à 25 pour cent.

Nous trouvons ensuite sur les chaudières *Belleville*, *Barbe et Petry*, *De Nayer*, *Mac Nicol*, un genre de foyer que j'appellerai *mixtes*. Ils sont extérieurs à la chaudière, c'est plutôt la chaudière qui leur est intérieure ; la chaudière est alors surtout formée d'un faisceau de tubes placés au-dessus de la grille. La chambre de combustion a de grandes proportions et permet de l'obtenir plus parfaite ; on se rapproche beaucoup ici du foyer de locomotive. La grille est desservie par deux portes, on la charge alternativement par l'une et par l'autre, en sorte qu'une moitié de la grille est en pleine ignition quand l'autre entre en combustion ; les gaz s'enflamment et brûlent ainsi plus facilement, d'où résulte une meilleure utilisation.

La *grille de M. Belleville* offre seule une nouveauté ; c'est une grille à barreaux ondulés. Suivant M. Belleville ces barreaux sont suffisamment refroidis par l'air affluent pour ne jamais atteindre une température bien élevée ; les scories et mâchefers ne s'y soudent pas ; le décrassage en est d'autant plus facile, leur durée serait également plus longue. M. Belleville construit deux genres de grille suivant qu'on brûle des charbons gras ou des charbons maigres : l'une se compose de bar-

reaux alternativement droits et ondulés; l'autre de barreaux ondulés seuls.

On trouve également sur les chaudières Belleville un *régulateur automatique de combustion*. Voici le principe de cet appareil : un ressort à capacité étanche du système Belleville communique, par sa surface extérieure, avec la pression du générateur et par sa surface intérieure, avec la pression atmosphérique, toute augmentation de pression fait fermer le registre, toute diminution le fait ouvrir.

Les foyers *intérieurs* sont employés sur les chaudières de MM. *Chevalier et Grenier, Weyher et Richemond, Galloway, Escher Wys et Cie*, et *Sulzer*; dans ces deux derniers cas, c'est une application du foyer fumivore Ten-Brink. MM. Chevalier et Grenier placent dans leurs chaudières de 2 mètres 20 de diamètre, deux tubes de foyer de 900 millimètres; la grille atteint une longueur de 1 mètre 50; c'est là une limite qu'il convient de ne pas dépasser : en outre, la grille est placée suivant le diamètre horizontal; si nous admettons une couche de combustible de 10 à 12 centimètres d'épaisseur, il reste un espace libre de 30 à 32 centimètres de hauteur seulement au milieu pour le développement de la flamme : cet espace ne paraît pas suffisant, la flamme à peine formée est refroidie; il est donc fort à présumer qu'une certaine proportion de gaz ne s'enflamme pas.

Sur la deuxième chaudière, MM. Chevalier et Grenier ont réuni les deux foyers en un seul, toujours desservi par deux portes.

Sur le troisième générateur, nous retrouvons les deux foyers distincts, mais à leur suite et grâce à la disposition générale de la chaudière dont je parlerai plus loin, se trouve une chambre de combustion, en briques réfractaires; par suite de l'accroissement de section de cette chambre, par rapport à l'orifice d'écoulement des flammes des foyers, il y a remous et mélange intime, et la combustion s'achève sans excès d'air. Une injection d'air froid permet de modérer l'action du feu.

Aucune particularité à signaler sur les foyers des chaudières Weyher et Richemond, Galloway, Farcot, Fouché et De la Harpe, la chaudière Duchesne construite par MM. Imbert. MM. Escher Wyss et Cie, et MM. Sulzer ont appliqué sur leurs chaudières *le foyer Ten-Brink*. C'est un foyer fumivore très propre à la combustion des houilles fuligineuses. La Compagnie des chemins de fer de l'Est en fit la première application en 1860. La Compagnie d'Orléans l'adopta ensuite et l'on peut voir à

l'Exposition la six cent soixante-dixième application du foyer Ten-Brink aux locomotives.

La première application de ce système aux chaudières fixes date de 1871. En 1874 les avantages de cet appareil furent mis en lumière par des essais suivis et sérieux, exécutés par les ingénieurs de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur : ils constatèrent une vaporisation de 9 kilos 23 brut et 10 kilos 15, cendres déduites et eau ramenée à zéro avec une houille de Saarbruck de deuxième qualité, c'est-à-dire, 0,75 à 0,80 de la quantité de chaleur contenue dans la houille. Des applications devinrent peu à peu plus nombreuses et aujourd'hui on en compte environ 130.

Dans le 23e volume de sa publication industrielle M. Armengaud donne une étude intéressante du foyer Ten-Brink. Je me contenterai ici de vous dire les dispositions générales de l'appareil. Le foyer, complètement entouré d'eau, est placé dans un corps cylindrique dont l'axe est perpendiculaire à celui de la chaudière. Ce cylindre est traversé par un ou plusieurs tubes, légèrement coniques, à l'intérieur desquels se trouvent les grilles : celles-ci n'ont pas une inclinaison moindre de 50°. A la partie supérieure de la grille, un gueulard sert au chargement de la houille; au-dessus un clapet permet une injection d'air sur la couche en ignition. Au-dessous de la grille, une porte donne lieu à une introduction d'air; elle sert aussi à piquer et décrasser le feu. Le combustible, depuis son entrée jusqu'à la partie inférieure de la grille, passe par les états successifs de charbon frais, charbon en distillation, charbon cokéfié, enfin à l'état de résidus ou cendres qui s'amassent à la partie inférieure des grilles. Les barreaux, sur la première moitié de leur longueur, portent une série de petites saillies obliques; elles empêchent le combustible de descendre trop vite; elles divisent l'air en filets avant de pénétrer dans la masse du combustible.

Dans sa notice M. Armengaud conclut ainsi :

« L'appareil Ten-Brink, indépendamment de ses qualités fumivores, « permet d'obtenir un chiffre de vaporisation d'environ 9 kil. de va- « peur par kil. d'un combustible qui, avec une grille ordinaire, fourni- « rait un maximum de 7 kil. de vapeur. »

Le foyer intérieur, genre locomotive, est adopté sur toutes les chaudières tubulaires ou à vaporisation rapide. *Chaudières Field, Colombier, Rikkers, Thirion, Girard Bourry, Aubert, Séraphin*, etc.; nous n'avons trouvé là aucune disposition nouvelle.

La *Compagnie Fives-Lille* a exposé chaudières et foyers, genre locomotive. Les foyers de ces chaudières étaient munies *du tisonnage Wackernie et de l'injecteur-insufflateur d'air Turck.* Le mode d'action du tisonnage Wackernie réside dans le mouvement alternatif de montée et descente de deux barreaux successifs, mouvement obtenu à l'aide de simples leviers. Cette manœuvre étant faite de temps à autre empêche les mâchefers de coller.

Il me reste maintenant à parler de quelques appareils accessoires des foyers.

Registres automatiques. — Je vous ai signalé en passant la disposition Belleville. Vous avez pu voir encore le *sytème Thauvoye et Dernoncourt* qui remplit un autre but. Le registre et la porte du foyer sont reliés entre eux de telle sorte que, la porte du foyer étant ouverte, le registre se ferme presque complètement. On évite donc un trop grand flux d'air froid lorsque le chauffeur travaille son feu.

Signalons aussi le *registre pyrométrique-automoteur de M. Cleuet.*

A ce genre d'appareils, nous pouvons joindre la *porte de foyer du du système Howatson*, qui, par le seul fait de l'ouverture de la porte, l'emploi d'une sorte de cataracte à mercure, et une valve placée sur la porte détermine une injection d'air dans les premières minutes qui suivent une charge de combustible frais.

Grilles. — Plusieurs inventeurs ont aussi modifié la forme et les dispositions des barreaux de grille. Je vous ai déjà parlé de la grille à barreaux ondulés de Belleville, je vous signalerai encore :

1° La grille immergée pour brûler les combustibles pulvérulents et maigres de M. Michel Perret. (Fig. 1, planche 3) ;

2° La grille à barreaux réticulés et percés Dobson (fig. 2) (Reticulated and perforated furnace bars), dont deux dispositions pouvaient se voir dans la section anglaise ;

3° Les barreaux anglais Newbold ;

4° The Patent Helix furnace feeder, de M. Hilryod Smith.

Terminons enfin cette première partie par les foyers gazogènes de MM. Muller et Fichet qui exposent :

1° Trois modèles de foyers, déjà connus de vous ;

2° Dessins représentant :

— Une batterie de chaudières chauffées par un gazogène soufflé, à la houille ou au coke.

— Application du foyer gazogène : 1° à un générateur à bouilleurs; 2° à un générateur Thomas et Laurent; 3° à un générateur Belleville.

— Appareil à brûler les combustibles menus et humides.

DEUXIÈME PARTIE

UTILISATION DE LA CHALEUR

DISPOSITIONS PRINCIPALES DES GÉNÉRATEURS.

Nous avons à envisager ici les générateurs de vapeur au point de vue de l'utilisation de la chaleur, c'est-à-dire, examiner le mode de circulation de l'eau et des gaz chauds, en un mot, les dispositions principales du générateur; nous en donnerons en même temps, quand cela nous aura été possible, et à titre de renseignement, les dimensions générales, et les particularités de construction.

L'Exposition ne nous présente aucune nouveauté à proprement parler; ce sont toujours les mêmes types plus ou moins modifiés, plus ou moins améliorés; les dispositions nouvelles sont des dérivés de modèles déjà connus; nous tournons toujours dans le même cycle.

Néanmoins on a fait un grand pas au point de vue de la production de vapeur, avec les mêmes types de générateur, mais mieux raisonnés, étudiés et proportionnés, on a atteint une production variant de 6 à 8 kilog. de vapeur par kilog. de combustible. Si vous parcourez les prospectus et notices ayant trait à la question qui nous occupe, vous ne trouverez pas de production inférieure à 8 kilog., 9 kilog. et même

10 kilog. de vapeur par kilog. pur de combustible [1]. Je ne dis pas que ces chiffres n'ont pas été atteints, mais je crois cependant qu'il y a lieu de les interpréter à leur juste mesure et il est prudent de ne pas prendre ces assertions au pied de la lettre; nous en concluons simplement à l'existence d'un grand progrès dans l'utilisation du combustible. Si nous cherchons maintenant comment ces résultats ont été atteints, nous trouvons qu'on les doit en grande partie au développement de la surface de chauffe, à une circulation raisonnée de l'eau et des gaz dans la plupart des cas au chauffage méthodique.

De toutes les chaudières exposées, celles de *M. P. Villette de Lille*, représentent seules la famille des *générateurs à bouilleurs*. Le second groupe de la force motrice comprend en effet deux générateurs à bouilleurs, chacun à deux réchauffeurs. La chaudière donne une surface de chauffe de 59^{m2},60, les deux réchauffeurs 44^{m2},40; total 104^{m2},40.

Nous arrivons ensuite immédiatement à la famille des *générateurs semi-tubulaires*, représentée par les chaudières de *MM. Durenne, Fontaine, Victor Fourcy, Lebrun et Meunier*.

Chaudière Durenne (fig. 3), composée de quatre parties distinctes :

1° Un corps cylindrique avec tubes à fumée;

2° Deux coffres à tubes pendants;

3° Deux bouilleurs réchauffeurs;

4° Un réservoir de vapeur.

Le foyer se trouve au-dessous du corps cylindrique; les gaz en chauffent d'abord la partie inférieure, puis reviennent à l'avant en échauffant le tiers moyen latéral, passent ensuite dans les tubes, rencontrent à leur sortie le faisceau de tubes Field, et courent enfin le long des bouilleurs réchauffeurs, où se fait l'alimentation.

La virole du corps cylindrique placée au-dessus du feu est faite d'une seule tôle. Les tubes sont simplement sertis dans les plaques tubulaires; ces dernières sont armées par des tôles forgées en forme de cornières et s'épanouissent en V dans la partie supérieure. Avant d'arriver au dôme, la vapeur rencontre des filtres en toile métallique, qui la tamisent, la sèchent autant que faire se peut.

1. Tous les chiffres relatifs aux productions de vapeur qui suivent, sont cités sous toutes réserves; ils nous ont été donnés par les exposants eux-mêmes; nous n'avons eu aucune source officielle de renseignements à notre disposition.

Voici les principales dimensions de la chaudière :

Corps principal { L = 4m,00. D = 1m,50.

34 tubes de 0m,110 de diamètre ;
120 tubes pendants de 0m,060 de diamètre ;
2 bouilleurs réchauffeurs L = 3m,850, D = 0m,700.

Surface de chauffe.	87m².
Surface de grille.	2m²,320.
Production de vapeur à l'heure.	1,300 kil.
Poids de charbon brûlé.	186 kil.
Poids de la chaudière.	12,350 kil.

Chaudières Fontaine. — Ces générateurs qui fournissent la vapeur à la section autrichienne, sont à bouilleurs et deux réchauffeurs ; le grand corps cylindrique est garni de tubes dans sa moitié inférieure au sortir du foyer, les produits de la combustion se rendent dans une grande chambre où ils se trouvent en contact tout à la fois avec les bouilleurs et le corps cylindrique ; ils reviennent à l'avant au travers des tubes, puis chauffent successivement les deux réchauffeurs. La circulation des gaz diffère donc un peu du mode généralement adopté. Ces chaudières auraient donné de 8 à 10 kilog. de vapeur par kilog. de combustible.

Chaudières Lebrun. — Ces appareils fonctionnent à l'usine du quai de Billy. Ce sont des générateurs à deux bouilleurs et réchauffeurs. Le corps cylindrique est entièrement garni de tubes : un foyer se trouve placé sous chaque bouilleur.

Chaudières Meunier (fig. 4) semi-tubulaires. — Deux de ces appareils de 100m² de surface de chauffe fonctionnent à l'usine hydraulique du quai de Billy. Dans l'annexe de l'avenue La Bourdonnaye nous trouvons deux chaudières du même type, l'une de 100m², l'autre de 200m² de surface de chauffe ; le corps cylindrique est à moitié rempli de tubes (système Berendorf) avec plaque de garde sur la face arrière. Les produits de la combustion circulent le long des bouilleurs en les entourant complètement jusqu'à l'arrière, reviennent à l'avant au travers des tubes, enfin, retournent à l'arrière latéralement au corps cy-

lindrique. Toutes les garnitures sont montées sur des sièges en fonte rivés à la chaudière. Les extrémités des bouilleurs qui portent des trous d'homme sont aussi en fonte. Les premières tôles de ces bouilleurs placées immédiatement au-dessus du feu, sont en acier, les autres sont en tôle de fer. Tous les joints sont à doubles rivets.

Voici les principales dimensions des chaudières :

Surface de chauffe.	100m² »	200m² »
Diamètre des bouilleurs.	0m,700	0m,900
Longueur.	5m,150	5m,700
Diamètre du corps supérieur.	1m,700	2m,200
Longueur entre plaques tubulaires. . . .	4m,500	5m,100
Diamètre extérieur des tubes.	0m,0975	0m,0975
— intérieur.	0m,090	0m,090
Nombre de tubes	48 »	90 »
Longueur de grillle.	1m,700	2m,100
Largeur de grille.	1m,500	1m,850
Rapport { surface de chauffe . . . . . / surface de grille	39,02	48,04
Rapport { surface de grille . . . . . / surface des tubes.	8,01	6,07

D'après les essais, M. Meunier annonce une production de 7 à 8 kil. d'eau vaporisée par kilog. de combustible.

Viennent maintenant les chaudières à foyer intérieur représentées principalement par les générateurs de MM. Chevalier et Grenier, Weyher et Richemond, Galloway, Escher Wyss et Cie, Farcot.

Chaudières Chevalier et Grenier. — Les chaudières de MM. Chevalier et Grenier forment le premier lot de la force motrice. Elles sont au nombre de trois, toutes trois à foyers intérieurs, mais toutes trois de dispositifs différents. Leur ensemble représente une surface de chauffe de 420m² au timbre effectif de 6 kilog. Les deux premiers générateurs, qui ne diffèrent que par la disposition de leurs foyers, sont tous deux pourvus de deux réchauffeurs latéraux ; la circulation des gaz ne présente aucune particularité.

La longueur est de..	7m, »
Diamètre des tubes de foyer..	0m,900
— du corps de chaudière.	2m,200
— des réchauffeurs.	0m,600

Les tubes ou foyers sont à amovibilité indépendante, c'est-à-dire que chaque foyer peut s'enlever isolément, sans être obligé de dériver un des fonds de la chaudière.

Le troisième générateur est d'un type tout différent. J'ai déjà indiqué la disposition de son foyer et de sa chambre de combustion. A leur suite vient une série de bouilleurs verticaux disposés sur trois rangs, en quinconce, et communiquant haut et bas aux trois bouilleurs horizontaux ; les bouilleurs supérieurs seuls communiquant avec le corps du foyer. Les bouilleurs horizontaux ont un diamètre de $0^m,600$ et une longueur de $6^m,90$; les bouilleurs verticaux une hauteur de 2 mètres et un diamètre de $0^m,300$. La surface de chauffe totale est de 150^{mq}. Suivant la qualité de la houille cette chaudière vaporiserait de 8 à 10 kilog. d'eau.

Chaudières Galloway (fig. 5), forment un groupe de trois chaudières. Elles ont $8^m,40$ de longueur et $2^m,10$ de diamètre. Chacune d'elles pourrait vaporiser 2,800 kilog. d'eau à une température de 100 degrés. Dans le tube du foyer se trouvent trente-trois tubes coniques Galloway à l'intérieur desquels circule l'eau. Avec des combustibles de choix, on arriverait à une vaporisation de 10 kilog. d'eau.

Chaudière Escher Wyss (fig. 6), pourvue du foyer Ten-Brink, la chaudière en elle-même est constituée par une série de petits bouilleurs combinés entre eux et avec la circulation des gaz de manière à avoir le chauffage méthodique : la vaporisation atteindrait encore le chiffre de 8 à 10 kilog.

Citons enfin, pour mémoire, la chaudière tubulaire Farcot, généralement connue sous le nom de *chaudière en tombeau.*

Vient maintenant la famille des générateurs multitubulaires à vaporisation rapide.

Nous parlerons en premier lieu du *générateur inexplosible Belleville* (fig. 7), formant un groupe de force motrice de 300 chevaux, composé de trois générateurs de 100 chevaux, modèle 1877. Vous connaissez tous ce générateur : je cite seulement les principales dimensions du modèle de 100 chevaux.

Chaque générateur comporte :

1° Six éléments doubles d'une longueurde $2^m,400$, composés chacun de 9 fourches, de 18 tubes de 125 millimètres de diamètre extérieur

et de 5 millimètres d'épaisseur, ayant ensemble une surface de chauffe de. 105m²,60

2° Un sécheur de vapeur composé de 12 tubes, d'une longueur de 2m,100, tubes des mêmes diamètre et épaisseur ayant une surface de chauffe de. 10m²,32

Soit surface de chauffe d'un générateur.	115m²,92
Surface de chauffe du groupe.	347m²,76
La surface de chauffe par cheval nominal est donc. . .	1m²,15
Surface de grille.	4m², »
Rapport de surface de grille à la surface de chauffe . .	$\frac{1}{29}$
Surface de grille par cheval nominal.	0m²,04
Cheminée. — Diamètre au sommet.	1m,200
Hauteur.	30m, »

Du 10 juin au 10 juillet, l'exposant a constaté une production moyenne de 8 kil. 778 de vapeur par kilog. de charbon tout-venant d'Aniche.

Si nous nous reportons à l'annexe de l'avenue La Bourdonnaye, nous y trouvons des modèles de générateur Belleville de différentes grandeurs, tous du modèle 1877 qui présente sur les précédents, dit M. Belleville dans sa note au jury, les avantages suivants :

1° Amovibilité des éléments doubles ;
2° Épuration de l'eau d'alimentation ;
3° Séchage de la vapeur ;
4° Régulation du niveau de l'eau dans le générateur d'après l'état de vapeur ;
5° Régulation de la pression de vapeur ;
6° Emploi d'une grille à barreaux ondulés.

Vous trouverez des développements, dans les brochures de M. Belleville, sur chacun de ces points.

M. Belleville a adopté le raccordement des tubes au moyen de joints à vis, assujettis par des manchons et contre-bagues à faces bien dressées. Il emploie trois diamètres de tubes différents, suivant la force et la destination du générateur. Pour chaque diamètre il y a deux épaisseurs de tubes différentes, la plus forte destinée aux deux rangs inférieurs de tubes. Les boîtes de raccordement sont en fonte malléable.

Relativement au fonctionnement de la chaudière, nous présenterons les considérations suivantes :

Dans la chaudière Belleville, les séries d'éléments forment un véritable serpentin qui s'élève continuellement, depuis le collecteur inférieur à l'arrière jusqu'au collecteur supérieur à l'avant. Par suite la vapeur produite par un élément doit traverser une grande partie du développement de cet élément pour arriver au collecteur. Dans ce parcours elle chasse devant elle une certaine proportion d'eau qu'elle pulvérise pour ainsi dire et entraîne ; cet effet augmente avec l'accroissement d'activité de la combustion. Pour éviter cet inconvénient, on ne remplit d'eau que les rangs inférieurs de tubes, le reste sert à évaporer l'eau entraînée. Il faut donc obtenir un niveau d'eau aussi constant que possible, résultat assez difficile à obtenir devant une vaporisation aussi rapide que celle obtenue dans ce générateur. Il y a donc du fait même de la disposition générale de la chaudière, un entraînement d'eau que toutes les ingénieuses dispositions de M. Belleville n'évitent pas complètement, ainsi que chacun de vous a pu le constater en voyant fonctionner les machines desservies par ces générateurs. D'autre part, si ces générateurs demandent peu d'emplacement et procurent une vaporisation rapide, ils manquent entièrement de *souplesse*, n'ayant pas de volant d'eau : c'est là, il est vrai, ce qui les rend relativement inexplosibles.

Quoi qu'il en soit, il faut rendre justice à l'esprit ingénieux et actif de M. Belleville. Son générateur est le fruit de longs travaux, d'essais et d'observations très suivis. Nous suivons pour les autres générateurs de cette famille l'ordre alphabétique.

Chaudière Bordone. — Dont les dispositions générales rappellent celles de la chaudière à foyer amovible. La grille à trois gradins est placée extérieurement à l'entrée du tube du foyer ; ce dernier est garni d'une série de tubes en cuivre rouge disposés suivant une surface héliçoïdale. Dans un rapport fait à la société industrielle de Rouen, on trouve que le rendement est de 7 kil. 3, à 7 kil. 5 d'eau à 0° par kilog. de houille pure, et la température des gaz au registre 150°.

Chaudière Bourry. — Petit générateur multitubulaire. Nous en trouvons à l'Exposition un type de huit chevaux dont voici quelques dimensions :

Surface de chauffe.	$1^{m2},63$
Surface de grille.	$0^{m2},08$
Poids à vide.	250 kil.
Poids pleine.	282 kil.
Pression	8 atm.
Force développée.	8 chevaux.
Surface occupée.	$0^{m2},25$

Cette chaudière ne paraît pas encore bien répandue.

Générateur Colombier (fig. 8). — Vertical; la cloche du foyer est traversée par un certain nombre de tubes cintrés. La dilatation se fait donc dans le sens de la courbure et non pas sur les pinces des rivures comme dans les tubes droits. Le principe de cette chaudière repose sur la circulation rapide de l'eau à l'intérieur des bouilleurs et contre les parois du foyer. A cet effet la cloche du foyer est entourée d'une tôle mince et chaque tube a l'une de ses extrémités qui débouche entre cette tôle et le foyer, l'autre au delà de cette tôle. Par suite des différences de densité, la circulation devient très rapide.

1 kilog. de houille vaporiserait de 9 kil. à 9 kil. 5 d'eau.

1 mètre de surface de chauffe, 40 à 45 litres d'eau à l'heure.

Générateur Fives-Lille, type locomotive. — Tubulaire à foyer rectangulaire.

Timbre.		6 kil.
Surface de chauffage. . .	du foyer.	$9^{m2},87$
	des tubes.	$110^{m2},50$
	totale	$120^{m2},37$
Grille.	longueur.	$1^{m},67$
	largeur.	$1^{m},31$
	surface.	$2^{m},19$
Tubes.	longueur entre plaques. . .	5^{m}, »
	nombre	105
	diamètre extérieur.	$0^{m},070$
	— intérieur	$0^{m},064$
Écartement des tubes.		$0^{m},090$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.		$1^{m},54$
Diamètre du corps cylindrique.		$1^{m},49$

Longueur totale du générateur.	7^{m},720
Volume d'eau au niveau moyen	4^{m3},200
Volume de vapeur.	4^{m3},200

Une seule cheminée en tôle dessert les deux générateurs; elle a 0^{m},900 de diamètre au haut et 1^{m},350 au bas. La partie conique en tôle est boulonnée sur un socle en fonte fixé au massif par des boulons de fondation. La stabilité de la cheminée est ainsi assurée sans haubans.

Il ressort du tableau des constatations faites contradictoirement avec les agents du service de la force motrice que du lundi 24 juin au dimanche 30 :

1° La quantité moyenne d'eau vaporisée par kilogramme de charbon a été de 9 kil. 260;

2° La quantité moyenne d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe a été de 13 kil. 09;

3° La quantité moyenne de cendres produites a été de 0^{m},089 du poids du charbon.

Le charbon employé est un mélange d'Anzin et d'Aniche.

Générateur Fouché et de la Harpe (fig. 9) à tubes bouilleurs verticaux remplis d'eau. Le foyer intérieur est placé dans un corps distinct horizontal. Les gaz chauds circulent autour des tubes. Vaporisation de 9 à 10 kilog. d'eau.

Générateurs construits par MM. Imbert. (fig. 10, 11 et 12).

1° Trois chaudières (système Field) de 2, 4, et 14 mètres de surface de chauffe. Les foyers sont soudés et les tubes extérieurs sont fermés par un procédé d'emboutissage breveté. Suivant la qualité de la houille employée elles vaporisent de 6 kilog. 500 à 7 kilog. 500.

2° Chaudière à trois foyers (système Duchesne, fig. 12), de 20 mètres de surface de chauffe. Le foyer central a pour longueur celle du faisceau tubulaire formant retour de flamme, tandis que les deux foyers latéraux n'ont qu'environ la moitié de cette longueur; le reste est garni de tubes par lesquels les gaz sont introduits dans la chambre de combustion d'arrière : ils passent ensuite dans le faisceau tubulaire pour revenir à la cheminée : dans la chambre de vapeur sont placés des tubes sécheurs. Il résulte d'expériences faites par M. Macabie, sur une chaudière de ce système ayant 30 mètres de surface de chauffe, qu'on arrive à une vapo-

risation de 10 à 11 kilog. d'eau par kilog. de combustible, et 15 à 17 kilog. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe à la pression de 5 kilogrammes.

Chaudière Liénard-Benoît (fig. 13). — Tubulaire syphoïde inexplosible. Elle se compose d'un faisceau tubulaire incliné, placé directement au-dessus du foyer, relié par des tubulures à un corps cylindrique horizontal de faible diamètre qui fait réservoir d'eau et de vapeur, l'eau circule à l'intérieur des tubes.

On peut reprocher les communications étranglées et la multiplicité des joints relativement à la faible surface de l'appareil.

Générateur Roser vertical (fig. 14). — Dans la cloche du foyer, nous trouvons deux serpentins en cuivre rouge où circule l'eau. Le nettoyage des incrustations est difficile, sinon impossible; il est vrai que la circulation est très rapide.

Générateur Rikkers cylindrique vertical (fig. 15). — La boîte à feu est entourée d'eau. Le ciel du foyer est percé d'ouvertures où sont emboîtés des tubes pendants dans le foyer. Ces tubes ont la forme d'un U; le diamètre va constamment en diminuant d'une extrémité à l'autre. Ils sont recourbés de manière à faire obstacle au passage de la flamme. La circulation est donc très rapide par suite des différences de densité et de l'inégalité des diamètres. Des essais répétés auraient donné une vaporisation de 9 litres d'eau.

Il faut remarquer ici que la conicité des tubes augmente la difficulté de construction : en outre, si des incrustations s'engagent dans le tube, le sens de la circulation les amène dans la partie la plus étroite et elles pourraient boucher le tube, soit par elles-mêmes, soit en déterminant l'arrêt d'autres incrustations.

Chaudière Séraphin (fig. 16). — Du type locomobile; dans le foyer pendent des tubes Field.

Surface de chauffe.	128^{m2}
Timbre.	5 kil.
Surface de grille	2^{m2},20

Vaporisation annoncée : 10 kilog. d'eau par kilog. de tout-venant Denain.

Chaudière Thirion. — Chaudière munie de tubes en U ordinaires comme dans la chaudière Rikkers ; ces tubes sont partout d'égal diamètre. Le courant s'établit toujours dans un sens ou dans l'autre, peu importe, pourvu qu'il existe, mais il n'y a pas là à craindre d'obstructions.

Je terminerai la section française en mentionnant, pour mémoire, les chaudières Carret, Collet, Girard, le générateur du Temple, Carnaire et Montellier.

La vapeur nécessaire à la force motrice de la section belge était fournie par trois chaudières exposées par MM. Barbe et Petry, Mac Nicoll, et de Naeyer.

Générateur Barbe et Petry (fig. 17). — Composé de trois coffres équidistants reliés entre eux par des faisceaux tubulaires et surmontés de deux corps cylindriques. La grille est placée sous un des faisceaux tubulaires. Les gaz échauffent d'abord ce groupe de tubes puis montent passer dans des carneaux longeant le corps cylindrique et redescendent à travers le second groupe. La chaudière exposée a 150^{m2} de surface de chauffe et vaporiserait 10 kilog. d'eau.

MM. Barbe et Petry ont en outre placé sur leur chaudière une soupape de leur invention dite soupape préservatrice des explosions. Réglée pour une pression déterminée, elle vide en quelques instants la chaudière, dès que cette pression est dépassée.

Chaudière Mac Nicoll. Système Sinclair (fig. 18). — Chaudière tubulaire formée de deux groupes de tubes superposés mais d'inclinaisons contraires. Ces tubes communiquent à l'avant et à l'arrière avec deux chambres d'eau ; au-dessus se trouve un cylindre horizontal formant réservoir de vapeur ; sur le côté, au niveau supérieur des tubes un autre corps cylindrique où s'établit le niveau d'eau. En face des extrémités de chaque tube les faces extérieures des chambres d'eau sont munies d'ouvertures circulaires assez grandes pour permettre l'introduction des tubes ; elles sont fermées au moyen de bouchons coniques ; le sommet du cône étant tourné vers l'extérieur, l'obturation est d'autant plus grande que la pression est plus élevée. Le joint est entièrement métallique.

La chaudière exposée est de 40 chevaux.

Elle a : 60^{m2} » de surface de chauffe;
$1^{m2},60$ de surface de grille;
$2^{m3},800$ de volume de vapeur;
$3^{m3},500$ de volume d'eau.

Les tubes en fer ont une longueur de $3^{m},660$ et un diamètre de $0^{m},125$. Ces tubes sont essayés à une pression de 60 millimètres par mètre carré.

A la manufacture de MM. Ulzscheider et C^ie^, à Sarreguemines, cette chaudière a vaporisé 9^{k} 800 d'eau par kil. de houille de Sarrebruck (Von der Heydt).

Chaudière De Naeyer (fig. 19, 20, 21, 22). — Chaudière composée de tubes réunis les uns aux autres de manière à former une série de serpentins disposés dans un plan presque vertical. Chaque série est constituée par la superposition d'éléments composés de deux tubes placés parallèlement et réunis à leurs extrémités par des boîtes rectangulaires. Les tubes terminés en cône sont fortement serrés dans les trous coniques des boîtes. On superpose ces boîtes et on les réunit par des coudes au moyen d'un joint formant le trait caractéristique de cette chaudière. Ce joint est formé d'un petit tube dont les extrémités également coniques s'emboîtent exactement dans les ouvertures correspondantes de la boîte et du coude. Le joint se fait sans mastic ni caoutchouc par le contact même de surfaces métalliques. Chaque coude est serré par deux boulons à marteaux sur chacune de ses extrémités, et chaque boulon retient les extrémités de deux boîtes différentes. Les tubes ont 3 mètres de longueur, $0^{m}120$ de diamètre; l'épaisseur du fer est de 5 millimètres. Ils sont inclinés vers l'arrière pour faciliter l'évacuation de la vapeur par les boîtes de raccord. A la partie supérieure de la face avant, chaque série communique avec un collecteur, lui-même en communication avec un réservoir cylindrique incliné. Un autre collecteur se trouve à la partie inférieure de la face arrière et communique par un large tuyau avec le réservoir cylindrique. Le niveau de l'eau doit s'élever jusqu'à la partie inférieure de ce réservoir. La circulation de l'eau se fait donc facilement et d'une manière constante. Le collecteur inférieur sert également à faire des purges. La grille occupe toute la largeur et presque toute la longueur de la chaudière. Deux chicanes placées entre les tubes forcent la flamme

à lécher toute leur surface. Le foyer est à deux portes, on charge alternativement la grille. M. de Naeyer a fait tous ses éléments uniformes. Tous les tubes, en fer, ont une longueur de 3 mètres, un diamètre de $0^{m}120$, une épaisseur de 5 millimètres. Les matériaux sont essayés à 40 atmosphères. La surface de chauffe d'un élément est $2^{m2}26$. Une série verticale de dix éléments a une hauteur de $1^{m}50$ et présente une surface de chauffe de $22^{m2}60$.

Des essais soigneusement faits ont donné une vaporisation de $8^{k}80$ d'eau par kil. de charbon à 15 pour 100 de cendres, les gaz s'échappant à une température de 214°. Voici les résultats d'expériences faites par M. Vinçotte, directeur de l'Association belge pour la surveillance des chaudières.

Chaudière De Naeyer de 90 chevaux. — Surface de chauffe 158 mètres carrés, de grille 376 décimètres carrés.

DATES. . . . . 1878. . . . DURÉE DES ESSAIS. . . .	26 juin. — 11 heures.	27 juin. — 11 heures.	28 juin. — 11 heures.	29 juin. — 11 heures.	4 juillet. — 11 heures.
Quantité d'eau introduite.	16 621 lit.	8 508 lit.	17 068 lit.	19 940 lit.	21 455 lit.
Corrections pour fuites...	»	24	52	37	23
Corrections pour variation de niveau.....	29	5	25	27	52
Pression moyenne.....	5 atm.,9	5 atm.,7	5 atm.,6	5 atm.,7	5 atm.,8
Température d'eau alimentaire.....	49°,2	41°,6	48°,6	45°,0	44°,2
Charbon brûlé.....	1 552 kil.	1 100 kil.	1 980 kil.	2 420 kil.	2 420 kil.
Cendres.....	225	152	325	438	355
Eau évaporée par heure et minute.....	$8^{k},0$	$5^{k},6$	$10^{k},4$	$12^{k},6$	$13^{k},5$
Eau évaporée par kilogr. de charbon brut.....	8,2	7,6	8,5	8,2	8,8
Eau évaporée par kilogr. de charbon pur.....	9,6	8,8	10,1	10,0	10,1

Chaudière Sulzer (fig. 23), pourvue du foyer Ten Brink. — Elle rentre dans la catégorie des chaudières verticales tubulaires. MM. Sul-

zer construisent le même modèle vertical, mais sans foyer Ten Brink.

La chaudière exposée est inclinée à 42°; son axe est perpendiculaire au plan de la grille : le corps de la chaudière consiste en un cylindre [$l = 5^m,45$, $d = 1^m,60$] traversé par 85 tubes à fumée; l'eau circule autour des tubes. La surface de chauffe est de 50 mètres carrés. Au sortir du foyer, les gaz traversent le faisceau tubulaire, puis circulent autour de la chaudière : ce générateur est pourvu d'un réchauffeur de disposition particulière. Dans ce système, une partie des tubes n'est pas noyée; c'est là une disposition que la législation française n'admet pas.

Chaudières marines. — M. Gaudry vous a indiqué l'évolution opérée et l'adoption de la chaudière dite autrichienne. Nous la trouvons représentée par les chaudières de MM. Claparède et de l'établissement d'Indret.

Voici les principales données des *chaudières Claparède.*

Surface de chauffe directe	$32^{m2},30$
— — tubulaire	$153^{m2},66$
— — totale	$185^{m2},96$
— de grille	$7^{m2},09$
Section d'ouverture des cendriers	$1^{m2},8708$
— — des tubes bagués	$1^{m2},26$
— — de la cheminée	$0^{m2},9503$
Nombre de tubes { 80×85 millimètres	228
Nombre de tubes { 75×87 millimètres	56
Timbre	4 kil.
Vol. d'eau, $21^{m3},220$. — Vol. de vapeur	$10^{m3},465$

Chaudières du Tonnant (Établissement d'Indret).

				Pour un corps.	Total.
Nombre de corps	4		Surface de grille	$4^{m2},83$	$15^{m2},32$
— de foyers par corps.	2		Surface de directe	$18^{m2},24$	
Diamètre d'un corps	$3^m,600$		de tubulaire	$95^{m2},24$	
— intérieur d'un foyer.	$1^m,110$		chauffe totale	$113^{m2},48$	$453^{m2},92$
Tubes ordinaires en laiton : Nombre par corps.	146		Volume d'eau	$12^{m3},011$	$48^{m3},044$
Diam. intérieur.	$0^m,080$		— de vapeur	$7^{m3},82$	$31^{m3},28$
— extérieur.	$0^m,085$		Poids approximatif sans eau, avec autels, grilles, boîtes à fumée	23 980 kil.	95 930 kil.
Tubes tirants : Nombre par corps.	32				
Diamètre intérieur.	$0^m,073$				
— extérieur.	$0^m,085$				

Chaudière d'atelier (Établissement d'Indret). — La chaudière d'atelier construite à Indret sur les plans de M. Joessel, est formée d'un faisceau de tubes inclinés débouchant dans deux lames d'eau. Ces dernières communiquent à la partie supérieure avec un vaste réservoir cylindrique; les côtés de la chaudière sont également constitués par deux lames d'eau. Le foyer se trouve au-dessus du faisceau tubulaire; les conduits de fumée traversent verticalement le corps cylindrique. Le nettoyage intérieur des tubes se fait au moyen de portes autoclaves pratiquées dans la tôle extérieure des lames d'eau, en regard de chaque tube; pour rendre possible le nettoyage extérieur, on remplace dans la lame d'eau avant, les entretoises ordinaires par des bouts de tubes formant eux-mêmes entretoises.

Surface de grille		$1^{m2},30$
— de chauffe		$42^{m2},16$
Volume d'eau		$3^{m3},191$
Tubes en fer	Nombre	100
	Diamètre extérieur	$0^{m},075$
	— intérieur	$0^{m},068$

Chaudière d'embarcation. — La chaudière exposée a été construite au port de Toulon sur les plans de M. Penelle, sous-ingénieur de la marine.

Elle se compose d'un faisceau tubulaire incliné et d'un réservoir cylindrique aboutissant à deux lames d'eau constituées par les plaques tubulaires et des calottes sphériques. Le réservoir communique avec deux coffres à vapeur qui portent les accessoires; une enveloppe en tôle revêtue de briques réfractaires entoure l'appareil. Le type exposé est destiné à un canot de $8^{m},85$.

Surface de grille	$0^{m2},27$
— de chauffe	$5^{m2},00$
Volume d'eau	$0^{m3},160$
Poids sans eau	1050 kil.

Chaudière du canot à vapeur de $12^{m},35$, de MM. Durenne (*Le Sylphe*). — Cette chaudière est du système tubulaire à retour de flammes et foyer rectangulaire. Elle comprend en effet : 1° un premier

faisceau tubulaire placé à la suite du foyer et qui amène les gaz dans une chambre de combustion; 2° un second faisceau tubulaire qui ramène les gaz à l'avant dans la boîte à fumée; 3° un réservoir cylindrique et horizontal d'eau et de vapeur.

La surface de chauffe est de.	$22^{m2},64$
— de grille	$0^{m2},465$
La capacité de vapeur est de.	300 litres
— d'eau	540 —
— totale	840 —

Cette chaudière, qui dessert une machine Compound, vaporise 10 kilog. d'eau par kil. de combustible. Elle occupe un volume des dimensions suivantes :

Longueur	$1^{m},770$
Largeur	$0^{m},940$
Hauteur	$1^{m},400$

Elle est en acier Martin et pèse 1450 kilog.

TROISIÈME PARTIE

CONSTRUCTION DES CHAUDIÈRES

DES EAUX ET DE L'ALIMENTATION DES ACCESSOIRES.

Relativement à la construction des chaudières, nous trouvons la tôle de fer généralement employée; il faut remarquer que cette fabrication a fait de grands progrès; on est arrivé aujourd'hui à faire des tôles de grandes dimensions; par leur emploi les constructeurs réduisent le nombre des joints et des rivures.

La tôle d'acier tend de nouveau à rentrer en pratique; on connaît

mieux les conditions de son emploi dans les chaudières semi-tubulaires de M. Meunier; la première virole des bouilleurs, située au-dessus du feu est en acier. Le Creuzot a exposé une chaudière de locomotive entièrement en acier. Dans la section autrichienne, nous voyons deux chaudières de locomotive en acier. Le corps cylindrique est formé de deux viroles, d'une seule tôle chacune, et réunies bout à bout par un couvrejoint à doubles rangs de rivets.

Les chaudières Galloway sont aussi en acier. Dans la section suédoise, se trouve une chaudière marine en acier Bessemer. Dans la notice qui l'accompagne, on lit que le ciel du foyer a reçu des coups de feu et a malgré cela très bien résisté. M. Brown de Wintherthur emploie l'acier Martin du Creuzot dans la construction de ses chaudières fixes et de locomotives de tramway.

La chaudière du canot à vapeur de M. Durenne est également en acier.

La rivure se fait encore généralement à la main, cependant M. Villette de Lille emploie la rivure mécanique.

Nous trouvons à l'Exposition quelques exemples remarquables de soudures de tôles. En première ligne il faut citer le foyer en tôle ondulée de Fox (fig. 24), puis la boîte à feu de M. Durenne, traversée par deux tubes à angle droit.

Enfin, les foyers soudés de MM. Imbert, pour chaudière Field.

Tubes. — Les métaux employés sont le fer, cuivre rouge, et laiton. Au point de vue de leur amovibilité, nous nous trouvons en présence de plusieurs systèmes :

1° Les uns sont simplement sertis comme dans la chaudière Durenne;

2° Les autres sont maintenus au moyen de bagues, comme dans les chaudières marines de MM. Claparède et d'Indret.

M. Girard emploie un joint à l'amiante et voici comment : les tubes sont maintenus dans les plaques tubulaires, au moyen de viroles coniques en fer extérieures au tube, avec interposition d'une bague d'amiante entre le tube et la virole. Pour enlever le tube, on ronge la bague d'amiante au moyen d'une scie circulaire spéciale.

Un autre inventeur a fait un joint de plomb.

3° Nous trouvons ensuite le tube Bérendorf, appliqué par exemple sur les chaudières Meunier, Aubert.

Quant aux appareils de pose des tubes, je vous rappellerai l'outil Dudgeon et vous citerai l'appareil Brisse et le système Gantelme.

Appareil Brisse. — M. Brisse, ingénieur, directeur des ateliers du chemin de l'Est, à Épernay, a repris et perfectionné l'outil Dudgeon, son appareil se compose essentiellement de quatre parties : 1° l'étau porte-outil; 2° le mandrineur; 3° le coupeur, 4° le riveur.

L'étau et le mandrineur sont ceux de Dudgeon avec quelques améliorations et appropriations à l'ensemble du nouvel outillage. Le tube étant mandriné, on remplace le mandrineur par le coupeur qui calibre, pour ainsi dire, la saillie du tube sur la plaque tubulaire et lui laisse la longueur strictement nécessaire pour permettre au riveur de bien faire sa part de travail. Ce dernier à l'aide de trois petites molettes, vient appliquer cette saillie de tube sur la plaque tubulaire en lui donnant la forme d'un bourrelet. Cet appareil assez complexe ne se peut décrire ici d'une manière claire. Je renvoie pour cela à la notice de M. Brisse.

Appareil Gantelme. — M. Gantelme emploie des tubes en laiton. Aux extrémités il brase des viroles également en laiton. L'une des deux viroles a un millimètre en moins que l'autre, et toutes deux ont 0m,0005 de plus que le trou correspondant de la plaque tubulaire. Pour mettre les tubes en place et les retirer, on se sert d'une tige de fer, filetée à ses deux extrémités; l'une d'elles porte une patte d'oie qui sert à prendre un point d'appui sur la plaque tubulaire; l'autre porte un écrou qui par son serrage met le tube en place. Pour le retirer on fait la même opération en sens inverse.

Des Eaux et de l'Alimentation. — La conservation et la durée d'une chaudière dépendent principalement de la pureté des eaux d'alimentation. Aussi a-t-on proposé de nombreux systèmes d'épuration. MM. Chevalier et Grenier emploient sur leurs générateurs l'épuration chimique par lait de chaux, chlorure de baryum et décantation. On peut reprocher à ce procédé d'être coûteux, M. Dulac a cherché à résoudre le problème en empêchant les incrustations de se produire sur les parois de la chaudière. Son système (fig. 25) est basé sur le sens de la circulation de l'eau dans la chaudière, ces courants étant bien déterminés pour chaque type de chaudière, par la disposition ingénieuse de coffres et chicanes en tôle mince, M. Dulac recueille les

boues, les emmagasine, et les empêche de rentrer à nouveau dans la circulation.

Il existe déjà plusieurs applications de ce système, et jusqu'à présent M. Dulac a obtenu de bons résultats. Vous avez vu les différentes dispositions qu'il a adoptées suivant les types de chaudières, et en particulier un tube Field donnant un exemple frappant du recueil des boues. Je n'insisterai pas davantage, M. Dulac se proposant de faire prochainement une communication à ce sujet. J'ajouterai que sa chaudière, sur le bord de l'eau, constituait un véritable musée des accessoires de chaudières.

On y trouvait en eflet : le niveau Daniel à tube froid ; le manomètre enregistreur Bourdon ; le souffleur Kœrting ; le porte-tube à compartiments Fouquet; le niveau Dupuch ; la pompe alimentaire Cameron; l'alimentateur automatique indicateur de niveau Roynette; la soupape Maurel et Truel; le régulateur pyrométrique d'alimentation Clouet; le pyromètre Tremeschini.

Pour l'alimentation des chaudières, nous nous trouvons toujours en présence des deux appareils. Injecteur et pompe alimentaire; l'Exposition nous présente de nombreux modèles de l'un et de l'autre.

Comme injecteurs, nous trouvons tout d'abord, l'injecteur Giffard, construit par MM. Flaud et Cohendet, puis l'injecteur Turck, et l'injecteur Wabe, construit par la Compagnie Fives-Lille ; l'injecteur Friedman dont MM. Scharps et Stewart nous présentent différents types; l'injecteur Bouvret, etc.

J'appellerai votre attention sur un genre d'injecteurs qui dédoublent pour ainsi dire l'opération en deux ; aspiration et refoulement : tels sont les injecteurs Kœrting et l'injecteur américain Hancook. Mais l'injecteur est l'appareil d'alimentation des appareils locomoteurs. Au point de vue des chaudières fixes, les injecteurs sont plutôt des appareils d'alimentation de secours : ils ne peuvent employer l'eau à une température élevée.

Aussi ne faut-il pas s'étonner de voir un certain nombre de modèles de chevaux alimentaires : ainsi la pompe Chiazzari, construite par MM. Cail et C^ie^, la pompe alimentaire Belleville ; la pompe Cameron de MM. Tangge; la pompe de MM. Appleby Brothers ; la pompe Salzer; la pompe Stapfer de Duclos.

Nous trouvons la pompe Cameron combinée avec le régulateur pyrométrique d'alimentation Clouet, sur la chaudière Dulac; cet arran-

gement a donné toute satisfaction. Néanmoins il ne faut pas abuser de ces régulateurs d'alimentation ; on rend le chauffeur inattentif et on en arrive à devoir craindre les accidents en raison même de la perfection des appareils. Cette critique peut s'appliquer aux alimentateurs automatiques qui fonctionnent en général plus ou moins régulièrement. Dans cette classe d'appareils je citerai celui de M. Roynette, dont j'ai déjà parlé, l'alimentateur Bouny et enfin l'alimentateur de la chaudière Barbe et Petry.

J'arrive maintenant aux réchauffeurs. S'il est avantageux d'utiliser les eaux de condensation, il faut également retirer des gaz toute la chaleur possible sans cependant nuire au tirage. Parmi les appareils réchauffeurs des eaux d'alimentation, je citerai seulement l'*Économiser* Green, et celui de Twibill. Disons quelques mots du premier. Vous l'avez tous vu. Vous en connaissez la structure et le fonctionnement. Cet appareil est assez répandu en Alsace où il donne des résultats satisfaisants. D'après d'assez nombreuses expériences, il donne une économie de 15 à 20 pour 100. On met environ un tube Green pour $0^{m2},80$ de la surface de chauffe du générateur. Cet appareil ne paraît être dans de bonnes conditions que s'il est pourvu de son nettoyage automatique, et s'il fonctionne avec des eaux relativement pures ; à partir de 12 à 15° hydrotimétriques, il convient de les épurer. En effet, cet appareil étant entièrement rempli d'eau, la circulation y est très lente et pour ainsi dire nulle ; aussi les dépôts s'y produisent-ils avec une grande facilité. La construction est remarquable, tous les joints sont précis. On place l'*Economiser* dans le conduit de fumée, entre la chaudière et la cheminée.

Après avoir parlé des moyens propres à récupérer la chaleur, il faut dire quelques mots des mastics calorifuges. L'Exposition nous en offrait de nombreux spécimens. De toutes les substances employées, il faut, je crois, donner la préférence à la laine de haut fourneau et au liège. Ce dernier étant d'un prix assez élevé, plusieurs inventeurs ont cherché à en utiliser les déchets (bouchons, rognures), en les broyant, puis en faisant une sorte de carton avec de la pâte à papier, comme la Société des lièges appliqués à l'industrie, soit en en faisant un enduit, par le mélange de cette poudre de liège avec une substance agglutinante comme la mélasse ; tel l'aggloméré de pâte de liège de M. Dejonge. N'oublions pas l'appareil de M. Geneste, pour juger de l'efficacité de ces différentes enveloppes.

Je termine cette longue nomenclature par l'appareil Orsat. M. Orsat a exposé trois modèles d'appareils :

1° Appareil dosant CO^2, CO, et O.

2° Même appareil pour voyage.

3° Appareil permettant d'analyser les hydrogènes carburés sans employer l'eudiomètre.

Et l'appareil Déchamps, qui ferme le registre et éteint le feu, dès que le niveau de l'eau baisse au-dessous d'un point donné.

Je ne puis achever cette étude des chaudières, sans dire un mot des Associations des propriétaires d'appareils à vapeur. Tout le monde connaît aujourd'hui le but que se proposent ces associations, dont la première a été fondée en Angleterre, en 1854.

Trois associations françaises (du Nord de la France, la Normande, la Parisienne) ont voulu démontrer les services rendus à l'industrie, et elles ont exposé une collection complète des maladies dont les chaudières peuvent être affectées, et qu'elles ont rencontrées dans leurs inspections.

La place nous manque pour passer en revue cette intéressante collection, et nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer au catalogue rédigé par M. Cornut, ingénieur en chef de l'Association du Nord de la France.

CHEMIN DE FER

DE L'ARLBERG

PAR M. E. PONTZEN.

Le réseau des chemins de fer d'Autriche-Hongrie présente des inégalités très grandes sous le rapport de la densité. Ces différences s'expliquent par la grande variété que présente le développement industriel et agricole de ce pays ainsi que par la configuration du sol. Tandis que nous voyons des plaines très étendues en Hongrie et en Galicie, le reste de l'empire-royaume est sillonné par des chaînes de montagnes dans toutes les directions.

Reconnaissant la nécessité de l'établissement des chemins de fer, on a entrepris en Autriche la construction des chemins de fer en montagnes à une époque déjà très reculée, et nous voyons aujourd'hui passer les lignes de chemins de fer par des pays que l'on aurait encore cru inaccessibles à ces voies de communication, même après la réussite du chemin de fer du Semmering.

La barrière formée par une chaîne des Alpes, entre le Tyrol et le Vorarlberg, restait seule à franchir. Le pays du Vorarlberg, situé à l'Ouest de cette chaîne de montagnes, au pied du mont Arl, ainsi que l'indique déjà son nom, manquait par là d'une voie de communication perfectionnée et directe avec le reste de l'empire. On ne pouvait d'Autriche s'y rendre en chemin de fer qu'en faisant un grand détour et en passant par l'Allemagne.

Des raisons politiques et économiques plaident énergiquement en faveur de l'exécution d'un chemin de fer passant du Tyrol au Vorarlberg, tant pour relier cette province très industrielle au reste de l'Autriche-Hongrie que pour permettre un débouché direct et sans intermédiaire vers la Suisse qui, sur une grande longueur, n'est

séparée que par le Rhin du Vorarlberg, et pour abréger les voies qui relient certains centres de production d'Autriche-Hongrie à la France.

Des études en vue de la construction d'un chemin de fer traversant du Tyrol au Vorarlberg furent commencées il y a près de vingt ans. Elles conduisirent à reconnaître que le col de l'Arlberg se prêtait le mieux à cette traversée.

Nous citerons toutefois pour mémoire une étude fort intéressante faite par un ingénieur français très distingué qui, voulant appliquer à cette traversée le système de chemin de fer atmosphérique, proposa de le conduire par le col de Zeynes, situé au sud de celui de l'Arlberg, et se prêtant mieux à la concentration de l'ascension et de la descente. M. Daigremont voulait, non pas imiter l'exemple du chemin de fer de Saint-Germain, mais il comptait établir un tube en maçonnerie d'une section suffisante pour pouvoir y faire passer les trains munis d'écrans formant piston dans ce tube et mus par l'air comprimé qui aurait été fourni par des machines, utilisant les chutes des eaux abondantes aux abords de ces galeries.

La construction du chemin de fer devant relier le Tyrol au Vorarlberg en passant par le col de l'Arlberg vient d'être votée par les Chambres d'Autriche. En raison de l'obstacle considérable qu'il franchira et qui, après avoir été si longtemps la pierre d'achoppement qui retardait son exécution, devient le point le plus important de cette ligne, le chemin de fer portera le nom de chemin de fer de l'Arlberg, c'est-à-dire du mont Arl.

D'après le projet admis, ce chemin de fer aura 136,57 kil. de long, dont 100k,4 sur le versant est du mont Arl, 25k,9 sur le versant ouest du mont Arl, et 10k,27 de tunnel de faîte.

Il aura pour points extrêmes, à l'Est, Innsbruck, à l'Ouest, Bludenz, et se rattachera donc immédiatement d'une part au réseau des chemins de fer du Sud de l'Autriche (dits Lombards), d'autre part au chemin de fer du Vorarlberg.

Nous ferons remarquer ici, avant d'entrer dans plus de détails sur le chemin de fer de l'Arlberg, que le gouvernement autrichien, poussé par les pétitions émanées du pays de Vorarlberg et ne se trouvant pas encore en mesure de commencer la construction de la ligne franchissant la ligne de faîte, avait concédé en 1869 à une Compagnie la construction d'un chemin de fer dans la province de Vorarlberg.

Ce chemin de fer qui a 90k,60 de long, est resté et est encore depuis son ouverture, c'est-à-dire depuis le 23 novembre 1872, sans communication directe avec le réseau des chemins de fer autrichiens. Il n'y a donc rien d'étonnant qu'il ne puisse pas payer les intérêts des 33,491,500 fr. engagés dans cette entreprise et qu'il rapporte à peine les frais d'exploitation. Aussi le gouvernement autrichien a-t-il dû accorder une garantie de 5 pour 100 pour un capital de 365,800 fr. par kilomètre.

Cette charge, pour les finances du pays, subsistera tant que ce petit chemin ne sera pas relié au reste du réseau autrichien.

C'est en quelque sorte une amende payée pour le retard à l'achèvement de l'œuvre.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les considérations d'ordre politique qui conseillent la construction de la ligne de jonction entre le Tyrol et le Vorarlberg.

Mais il ne sera pas sans intérêt de montrer par quelques chiffres les modifications qui résulteront pour les distances à parcourir entre certaines villes, dès l'ouverture du chemin de fer de l'Arlberg.

Nous faisons entrer dans le tableau qui résume cet examen des distances, les routes qui pourront être suivies une fois que le chemin de fer du Saint-Gothard sera ouvert.

Le Saint-Gothard abrège en effet de beaucoup les parcours entre certains centres importants de production en Autriche-Hongrie d'une part, et la France et la Suisse d'autre part ; mais comme la route de l'Arlberg présentera sur celle du Saint-Gothard l'avantage de ne pas nécessiter le passage par d'autres pays pour arriver en Suisse, elle conservera la préférence même dans le cas d'une petite différence de longueur à son désavantage.

Constatons surtout que la distance à parcourir à présent par chemin de fer d'Innsbruck à Zurich est de 502 kil. et qu'elle sera réduite à 285 kil. par le chemin de fer de l'Arlberg.

Comparaison des parcours à faire par chemin de fer, suivant les routes suivies.

DÉSIGNATION DES ROUTES.	INNSBRUCK		TRIESTE		KANISZA		SISSEK	
	A PARIS.	A ZURICH.	A PARIS.	A ZURICH.	A PARIS.	A ZURICH.	A PARIS.	A ZURICH.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Routes existantes...	1099	502	1615	1013	1557	955	1667	1065
Route par l'Arlberg.	959	285	1409	796	1467	854	1511	898
Route par le Gothard.	—	—	1344	756	1708	1120	1651	1063

Trois questions se présentent naturellement à l'esprit à propos de la construction de la ligne qui franchira l'Arlberg.

Quel sera le trafic de cette ligne? Ne pouvait-on pas exécuter cette ligne sans être obligé de construire un tunnel de très grande longueur? Et enfin, la nécessité d'un très grand tunnel étant admise, ne pourrait-on pas assurer un service provisoire pendant le laps de temps qui s'écoulera entre l'achèvement des lignes d'accès et celui du grand ouvrage d'art culminant, si toutefois on se décidait à commencer simultanément ces travaux pour gagner du temps?

L'évaluation du trafic probable d'une ligne projetée est toujours très difficile; elle présente des difficultés toutes spéciales dans ce cas particulier; non seulement parce que sous peu l'ouverture de la route du Saint-Gothard apportera des perturbations considérables dans les transports, mais aussi par suite de la durée considérable qu'exigera l'achèvement de la ligne de l'Arlberg et pendant laquelle d'autres lignes, franchissant les contreforts des Alpes, pourraient être entreprises. Pour n'en citer qu'une, nous rappellerons que depuis longtemps des études se poursuivent pour la ligne, dite du Ferne, et qui relierait le Tyrol à la Bavière.

Pour l'évaluation du trafic probable du chemin de fer de l'Arlberg, on s'est basé sur les relevés du trafic actuel se faisant par d'autres lignes moins avantageuses que ne le sera dans l'avenir celle en question. Les précédents du chemin de fer du Brenner ont été utilisés dans cette évaluation, et le chiffre auquel on s'est arrêté est celui de 420,000 tonnes par an.

Il a de plus été reconnu que le mouvement dans la direction de l'Est vers l'Ouest sera de beaucoup supérieur à celui en sens inverse.

L'une des conditions pour pouvoir compter sur un trafic croissant, c'est l'établissement d'un chemin de fer assurant un service continu et se trouvant dans de bonnes conditions d'exploitation.

Tout en reconnaissant que tel devait être le programme auquel le chemin de fer de l'Arlberg devait répondre, il y a eu et il y a encore des ingénieurs très distingués qui croient que l'on pourrait se dispenser de l'exécution d'un grand tunnel pour la traversée du mont Arl.

Ainsi que nous le verrons tout à l'heure, la hauteur d'ascension que l'on évite par le grand tunnel varie suivant les divers projets présentés pour les lignes à grand tunnel, de 375 à 425 mètres.

Cette différence de hauteur des points culminants, déjà très sensible en elle-même, acquiert une importance d'autant plus grande qu'elle porte sur des points très élevés. Ainsi le point culminant de la route qui traverse l'Arlberg et qui se trouve près du hameau de Saint-Christophe est à la cote de 1797 mètres; le projet présenté pour un chemin de fer sans grand tunnel comporte un point culminant à la cote 1790^{m},21.

L'élévation au-dessus du niveau de la mer, seule, ne donne du reste pas une idée précise des conditions climatériques du col à franchir.

Complétons cette indication par quelques constatations météorologiques.

Des observations faites de 1827 à 1871 ont démontré que, sur le mont Arl, la durée des chutes de neige était en moyenne de 7 mois et demi par an; que durant 6,8 mois par an la neige recouvrait le sol, et que la hauteur des neiges atteignait 3^{m},9.

Des observations mieux suivies pendant les dix dernières années donnent comme moyenne de la durée de la neige 6,6 mois, et une hauteur de neige de 4 mètres à Saint-Christophe (cote 1797 mètres).

Ces moyennes se réduisent à 6,1 mois et 2^{m},60 pour Langen (voir le profil), se trouvant sur le versant Ouest à l'altitude de 1200 mètres et à 5,8 mois et 2^{m},25 pour Saint-Anton, situé sur le versant Est à l'altitude de 1300 mètres (voir le profil sur la planche IV).

La température baisse souvent sur le mont Arl jusqu'à 37° centigrades au-dessous de zéro.

A l'idée de franchir ce col sans grand tunnel devait naturellement se rattacher, eu égard à ces conditions climatériques, celle d'abriter le

chemin de fer par des galeries contre les neiges. Tant en raison des difficultés qu'eût opposées le terrain à un développement suffisant pour pouvoir franchir le mont Arl avec des rampes pouvant être exploitées par les locomotives ordinaires, qu'en raison des dépenses considérables qu'eût occasionnées la construction de ce développement, en particulier par suite des abris contre la neige, il a été proposé de construire la partie du chemin de fer traversant le mont Arl avec des rampes allant à 80 millimètres par mètre. Ces fortes rampes devaient être parcourues par des locomotives construites dans le genre de celles du Rigi, c'est-à-dire que le chemin de fer eût été dans cette section centrale de 15^{k},66, traversant le mont Arl, un chemin de fer à crémaillère.

Les conditions d'ascension et de descente du projet de chemin de fer de Landeck à Bludenz qui vient d'être accepté pour l'exécution, comparées à celles de ce chemin de fer comprenant une section à crémaillère, présentent de l'intérêt. Dans le premier la somme des ascensions est de 742 mètres, celle des descentes de 513 mètres, tandis que dans le dernier il y aurait 1231 mètres à monter et 1020 mètres à descendre.

Nous ne doutons pas que si la ligne dans les régions très élevées était mise à l'abri des neiges, un chemin de fer à crémaillère ne pût faire le service ; mais nous ne pouvons pas méconnaître les inconvénients qu'eût présentés un tronçon de chemin de fer exigeant un matériel spécial — au moins de locomotives — intercalé dans un chemin de fer international qui, lors même que son trafic n'atteindrait pas l'importance nécessaire pour justifier, au point de vue commercial, les dépenses considérables d'un tunnel de grande longueur, pourrait dans certaines conditions être appelé à suffire au plus fort mouvement que comporte un chemin de fer.

Nous ne pouvons donc pas blâmer le gouvernement autrichien d'avoir su résister à tout ce qu'il y avait de tentant dans le projet de chemin de fer avec un tronçon à crémaillère, qui, tout en réduisant les frais de construction, eût présenté l'avantage non moins important de réduire la durée de construction.

Le passage par-dessus la montagne étant abandonné comme solution définitive, il restait à examiner si, pendant la construction du grand tunnel traversant le contrefort des Alpes, il n'y avait pas avantage à établir, ainsi que cela a été fait au mont Cenis, un chemin de fer provisoire par-dessus le col, afin que les deux lignes venant aboutir

au grand tunnel, pussent être mises à profit avant que le tunnel, exigeant plus de temps pour son achèvement que les lignes d'accès, ne soit ouvert à la circulation.

Les conditions climatériques dont nous avons déjà parlé auraient commandé, même pour l'établissement d'un chemin de fer provisoire, la construction d'abris sur toute la longueur, ce qui eût porté les frais de premier établissement de cette installation transitoire à des chiffres très élevés. Mais en dehors de cette considération, il y a lieu de reconnaître que grâce aux progrès faits depuis ces dernières années dans la construction des perforatrices, progrès qui ne sauraient être mieux indiqués que par la comparaison des moyennes de l'avancement par mois dans le tunnel du mont Cenis et dans celui du Saint-Gothard, la différence de durée de la construction du grand tunnel de l'Arlberg et des lignes d'accès, n'est plus assez considérable pour justifier l'installation, si peu coûteuse qu'elle fût, d'un raccordement provisoire par-dessus la montagne. Dans le tunnel du mont Cenis, l'avancement moyen a été de $71^{m},551$; dans celui du Saint-Gothard, de $167^{m},640$ par mois.

Il n'est donc plus question de l'établissement d'un chemin de fer provisoire par-dessus le mont Arl. Nous croyons qu'on mettra la main à l'œuvre pour les lignes d'accès lorsque le tunnel de faîte sera déjà assez avancé pour permettre un achèvement à peu près simultané, à moins que, pour faciliter l'approche aux têtes du tunnel ou pour donner satisfaction au pays, impatient de jouir du chemin de fer, l'on ne se résigne à un commencement simultané des travaux sur tous les points. Dans ce cas le service des messageries et des chaises de poste aura à fonctionner pendant quelques années pour combler la lacune laissée dans la ligne ferrée tant que le tunnel ne sera pas achevé.

Les masses de neige qui s'accumulent sur la route du mont Arl n'interrompent que fort rarement la circulation par voitures ou traîneaux. Il arrive toutefois qu'à la suite de fortes chutes de neige, les traîneaux même ne pourraient plus passer. En pareil cas on fait passer tout le bétail et tous les chevaux disponibles sur la route, rendue impraticable pour les traîneaux, d'une station située sur le versant Est à celle du versant Ouest et inversement. La neige étant ainsi piétinée, l'on recommence le service de la messagerie.

Il nous reste à examiner quels étaient les projets successifs élaborés avec un tunnel de grande longueur.

En 1869 le gouvernement autrichien se trouvait en face d'un projet

pour la traversée de l'Arlberg qui, à l'exclusion d'un grand tunnel, opérait avec des rampes considérables le passage par-dessus le col.

Consulté par M. le ministre, nous avons exposé dans un Rapport[1], en nous basant sur les résultats d'exploitation de diverses lignes à fortes rampes, notre avis qui concluait à la recommandation d'un tunnel d'environ 6k,7 de long, dont l'entrée Est était à la cote 1381 mètres et l'entrée Ouest à la cote 1386 mètres.

Le ministère se trouvait ainsi en face, d'une part, d'un projet comportant l'exécution de la ligne sans grand tunnel et patronné par des ingénieurs prétendant pouvoir de suite trouver les capitaux nécessaires ; d'autre part, des conclusions de notre Rapport qui déconseillait le passage par-dessus la montagne. Le ministre a pris un parti que nous nous plaisons à signaler ici. Il s'adressa le 4 avril 1870 à la Société autrichienne des Ingénieurs et Architectes, et lui demanda d'émettre un avis sur ces questions.

Le Comité élu dans le sein de la Société se rangea[2] à nos conclusions, et dès lors on put considérer comme certaine l'adoption d'un tracé comportant un grand tunnel, c'est-à-dire le rejet des projets tendant à arriver à une diminution des frais de construction au prix d'une exploitation fort coûteuse et moins apte à un fort trafic que ne l'est une ligne qui ne s'élève pas jusqu'au sommet du col.

Ce Comité émettait l'avis que sur le versant Est les rampes ne devaient pas dépasser 25 millimètres ; pour le versant Ouest il admettait, en raison de la configuration du terrain et de la direction prédominante du trafic, des rampes de 28 millimètres.

Le gouvernement, profitant de tous les projets et études qui lui avaient été successivement soumis par des Ingénieurs civils, par des Entrepreneurs et par des Compagnies de chemins de fer, chargea ses Ingénieurs d'une étude de tracé du chemin de fer de l'Arlberg.

A la suite de ces études cinq projets différents pour le tunnel de faîte et deux projets différents pour les lignes d'accès ont été présentés par les Ingénieurs au ministère.

Une nouvelle Commission d'enquête, composée principalement de directeurs de chemins de fer et de trois délégués de la Société autrichienne des Ingénieurs et Architectes, fut reconstituée pour éclairer de ses conseils le ministre.

1. Voir « Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne, » 1870.
2. Même observation.

Nous croyons devoir résumer dans le tableau ci-dessous les principales données relatives aux cinq projets du tunnel principal.

Principales données relatives aux cinq projets du tunnel, présentés par le gouvernement autrichien, à l'enquête, en 1872.

DÉSIGNATION.	PROJET N° 1.		PROJET N° 2.		PROJET N° 3.	
	A voie unique.	A double voie.	A voie unique.	A double voie.	A voie unique.	A double voie.
Longueur	5518m	5518m	6440m	6440m	6810m	6810m
Point culminant à la côte	1458m	1458m	1456m	1456m	1414m	1414m
Durée de construction	11 ans.	11 ans.	7 ans.	7 ans.	7 ans 1/2.	7 ans 1/2.
Nombre de puits	—	—	2	2	2	2
Axe en ligne droite ou non	droit.	droit.	2 coudes.	2 coudes.	1 coude.	1 coude.
Dépenses	37,045,000 fr.	42,807,000 fr.	38,619,000 fr.	44,808,000 fr.	41,208,000 fr.	48,000,000 fr.

DÉSIGNATION.	PROJET N° 4.		PROJET N° 5.	
	A voie unique.	A double voie.	A voie unique.	A double voie.
Longueur	7620m	7620m	12400m	12400m
Point culminant à la côte	1413m	1413m	1267m	1267m
Durée de construction	8 ans 1/2.	8 ans 1/2.	8 ans 1/2.	8 ans 1/2.
Nombre de puits	1	1	3	3
Axe en ligne droite ou non	droit.	droit.	2 coudes.	2 coudes.
Dépenses	43,674,000 fr.	51,086,000 fr.	60,903,000 fr.	70,303,000 fr.

On avait étudié les projets de tous ces tunnels tant en vue de la construction à voie unique qu'en vue de la construction à double voie.

Les lignes donnant accès au grand tunnel devaient être exécutées pour une seule voie, mais les acquisitions de terrain et certains grands ouvrages d'art faits de suite pour deux voies.

Il est fort étonnant qu'à la suite de cette enquête, le projet du tunnel le plus long qui figurait sous le numéro 5, qui aurait eu une longueur de 12400 mètres, et qui présentait sur sa longueur deux coudes, distants l'un de 1 kilomètre, l'autre de 3 kilomètres environ de l'entrée la plus voisine, ait été considéré comme adopté (voir planche IV).

On est en droit de se demander ce qui pouvait avoir conduit les Ingénieurs du gouvernement autrichien à proposer ce tunnel *non rectiligne* et ayant 12400 mètres de long.

Un coup d'œil sur la carte que nous donnons montre que c'étaient des considérations géologiques qui firent proposer ce tunnel.

En effet, un géologue avait tracé les limites probables entre les mica-schistes et les roches calcaires. — Le tracé proposé pour le tunnel se trouve rejeté dans le calcaire, et comme la ligne de démarcation entre le mica-schiste et le calcaire, n'était pas une ligne droite et que la ligne droite qui eût pu être tracée entièrement dans le calcaire eût été d'une longueur très considérable, les Ingénieurs du gouvernement avaient cru bien faire en proposant le tunnel avec deux coudes.

Dans l'enquête il y a bien eu des voix qui se sont élevées contre ce tracé, mais d'autres membres et en particulier l'un de ces messieurs, le même qui ces temps derniers a été le champion acharné du projet qui vient de recevoir la sanction définitive et qui diffère avantageusement de ce projet à tunnel courbe, ne voulait plus admettre de retard et déclarait que les études faites jusqu'en 1872 lui paraissaient bien suffisantes pour que les travaux du percement du grand tunnel à deux coudes puissent être entrepris sans délai.

La crise financière de 1873 arrêta tous les projets de chemins de fer en Autriche et le chemin de fer de l'Arlberg fut naturellement remis en discussion comme tant d'autres. Tout en regrettant que par suite de cet arrêt général des affaires l'on ne se trouve aujourd'hui qu'au début de la construction de ce chemin de fer, qui présente un si grand intérêt à bien des points de vues, nous ne pouvons réprimer le mouvement de satisfaction de ce que le projet — étonnant — adopté en 1872 n'ait pas survécu à cette période de réflexion.

Nous avons évité à dessein de citer jusqu'ici des noms. Mais pour la nouvelle phase dans laquelle tombe la reprise des études et la décision au sujet du chemin de fer de l'Arlberg, il n'est guère possible de passer sous silence les noms des Ingénieurs qui ont pris une part très importante à la discussion et qui ont influencé les résolutions des Chambres.

A l'enquête de 1872, M. de Nordling, l'ancien Ingénieur en chef du chemin de fer d'Orléans, assistait bien déjà comme conseiller du ministre, mais sans prendre part à la discussion. Peu de temps après il se démit de ses fonctions.

M. de Nordling qui depuis avait été appelé à la direction générale des chemins de fer en Autriche fit reprendre les études et présenta, en 1875, un projet de loi relatif au chemin de fer de l'Arlberg, qui comportait un tunnel de 6740 mètres de long et dont la tête Est était à 1376 mètres, celle Ouest à 1415 mètres d'altitude. — Ce tunnel ne devait, d'après M. de Nordling, être exécuté que pour une voie.

L'exécution à voie unique de ce tunnel de 6740 mètres, ainsi que sa grande altitude, soulevèrent une opposition acharnée, et le projet de loi resta en suspens. Lorsqu'en octobre 1879, la question du chemin de fer de l'Arlberg fut portée à nouveau devant une commission d'Ingénieurs et directeurs de chemins de fer, le projet de tunnel à voie unique était modifié seulement en ce sens, que la tête Ouest baissée de 1415 mètres à 1382 d'altitude, avait fait augmenter la longueur du tunnel de 6740 à 7000 mètres, tout en permettant la suppression des pentes trop fortes dans le tunnel du projet primitif.

Malgré cet abaissement de la tête Ouest du tunnel, la différence de hauteur entre le fond de la vallée et cette tête de tunnel est telle, que pour ne pas atteindre des rampes excessives il eût fallu donner le développement nécessaire au chemin de fer au moyen d'un tracé en double boucle.

Nous savons bien qu'un tel développement artificiel n'a rien d'inquiétant, mais il parut tout de même recommander d'examiner si, en plaçant le grand tunnel à un niveau moins élevé, et en l'allongeant par conséquent, on n'arriverait pas à des conditions préférables pour l'exploitation.

Il va de soi que ce tunnel devant atteindre 10270 mètres de long, on ne pouvait plus songer à l'exécuter autrement qu'a deux voies.

Tous les Ingénieurs et avec eux les députés se divisèrent en deux

groupes, les uns pour le tunnel supérieur, les autres pour le tunnel inférieur. Cette question se compliqua par le fait que le tunnel supérieur était proposé à voie unique. La durée de construction estimée à six années pour le tunnel de 10270 mètres, n'était que de quatre années et demie pour celui de 7000 mètres.

Les dépenses de construction s'établissaient comme suit :

Pour le projet à tunnel inférieur :

Le tunnel à deux voies ayant 10270 mètres de long. .	40 540 000 fr.
Les lignes d'accès de Landeck et de Bludenz.	29 460 000 fr.
La ligne Innsbruck-Landeck, 72 kilomètres.	19 000 000 fr.
Soit les 136 kilom., 6.	89 000 000 fr.

Pour le projet à tunnel supérieur :

Le tunnel à voie unique ayant 7 kilomètres de long.	21 850 000 fr.
Les lignes d'accès de Landeck et de Bludenz de 63 kilomètres	36 725 000 fr.
La ligne Innsbruck-Landeck 72 kilomètres.	19 000 000 fr.
Soit les 142 kilomètres.	77 575 000 fr.

Les profils en long de ces deux projets sont donnés sur la planche IV.

Nous voyons que le tunnel inférieur, exécuté à voie unique, eût permis de faire une économie de 11,425,000 francs. M. de Nordling fait de plus ressortir l'économie que ce tunnel eût fait réaliser sur les intérêts du capital engagé, en raison de la moindre durée des travaux et conclut à une économie totale de 15,000,000 francs.

Dans la discussion qui eut lieu au sein de l'enquête, présidée par M. de Nordling, la variante à tunnel supérieur et à voie unique fut combattue par la majorité qui se prononça en faveur de la variante à tunnel de 10270 mètres exécuté pour deux voies.

La société des Ingénieurs civils de Vienne devait de nouveau prendre une part importante dans la discussion des projets du chemin de fer de l'Arlberg.

Dans le laps de temps qui séparait les séances de la Commission d'enquête convoquée au ministère et le moment où le projet de loi relatif au chemin de fer en question devait être voté à la Chambre, une polé-

mique très animée s'engagea à la société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.

M. de Nordling ayant sur ces entrefaites quitté une deuxième fois sa haute position au ministère, on voyait certains adversaires du tunnel supérieur et des longs tunnels à voie unique transformer leurs plaidoiries en faveur du tunnel inférieur, en attaques contre la personne de M. de Nordling.

Faisant abstraction des fâcheux écarts commis par quelques-uns de ces adversaires ayant pris la parole et la plume dans le débat dont la société des Ingénieurs et Architectes de Vienne fut le théâtre, il faut reconnaître que cette polémique a servi à élucider plusieurs questions intéressantes. M. de Nordling a publié une petite brochure[1] exposant ses projets et ses vues; elle fut suivie d'une discussion et d'un bon nombre de brochures[2].

Nous trouvons parmi les Ingénieurs ayant pris part à la discussion: MM. d'Engerth, Friedmann, Gunesch, Hellwag, Könyves-Toth, Prenninger, Riedel, Rziha, de Stockert et Thommen. M. de Nordling tenant à mettre en évidence ses vues et les arguments avancés par ses adversaires, aussi bien que par ceux qui partageaient ses opinions, vient de publier un recueil[3] fort intéressant de toute la discussion. Nous avons peut-être déjà consacré trop de place au récit de cette polémique, et pourtant il faut nous y arrêter encore un instant.

Nous l'avons dit, c'est la construction à voie unique d'un tunnel de sept kilomètres qui a le plus soulevé l'opposition.

Pourquoi ne donnerait-on pas à ce tunnel de sept kilomètres le profil pour deux voies? — La réponse la voilà :

Le surplus de dépenses pour la construction à deux voies du tunnel de sept kilomètres de long eût été de 7,150,000 francs ce qui réduisait à seulement 4,275,000 francs la différence des frais de construction en faveur du tunnel supérieur.

Mais le surplus de dépenses pour la seconde voie eût-il été moindre, que M. de Nordling ne l'eût pas plus proposé qu'il ne l'a fait. Il est en effet d'avis que le tunnel à peu près horizontal, à voie unique, ayant sept kilomètres de long, ne se trouve pas dans des conditions de ven-

1. Die Alternativ-Trassen der Arlbergbahn. — Vienne, 1879.

2. Nous citerons, entre autres, les brochures publiées par MM. Büchelen, de Gunesch, Dr Koch, de Markovits, Prenninger et de Stockert.

3. Die Arlbergbahn. — Vienne, 1880.

tilation moins favorables que ne l'est le tunnel de 10 kilom. 270 mètres à deux voies, dans lequel deux trains, marchant en sens inverse, ont à se croiser.

Éviter les pentes et rampes trop fortes, c'est-à-dire ne pas dépasser les inclinaisons nécessaires pour assurer l'écoulement des eaux, nous paraît en tous cas désirable dans un tunnel de grande longueur, tant dans l'intérêt de la régularité et de la sécurité du service que dans celui de la ventilation, en ce sens que dans ces conditions l'air est moins vicié par les produits de la combustion.

L'emploi des locomotives sans foyer présenterait sans doute des avantages sérieux au point de vue du maintien de l'air respirable, et celui des locomotives à air comprimé (système Mékarsky) même au point de vue de la ventilation; mais, nous l'avons déjà dit, le maintien du matériel roulant employé sur toutes les lignes aboutissant et ayant presque toutes des rampes de 25 millimètres, nous paraît avant tout très important. Des machines de renfort étant jugées nécessaires dans un tunnel présentant des rampes de 15 millimètres, c'est à ce genre de locomotives qu'il faudrait recourir.

Le profil en long du grand tunnel ayant 10 270 mètres de long, nous paraît, en raison de l'inclinaison de 15 millimètres qui règne sur environ les deux tiers de sa longueur, sujet à être perfectionné, tandis que le tunnel supérieur de 7 000 mètres est exempt de cet inconvénient.

Les objections soulevées en dehors de celle concernant la ventilation, contre le tunnel à voie unique, sont nombreuses. Citons en particulier les difficultés d'exécuter des réparations, les dangers augmentés, sinon de voir se produire des accidents dans le tunnel, mais de leur donner un caractère plus effrayant en raison de l'impossibilité d'accéder à un train ayant subi un accident.

Il est vrai que jusqu'ici les tunnels à voie unique n'ont jamais dépassé la longueur de 3259 mètres; c'est la longueur du tunnel des Loges, sur le Jura-Industriel.

En dehors de celui-là on peut citer le tunnel d'Ariano (Foggia-Naples) ayant 3203 mètres; le tunnel de la Croix (Jura-Berne) de 2952 mètres; et le tunnel de Pracchia (Bologne-Pistoja) de 2725 mètres.

Mais remarquons que le premier et le dernier de ces quatre tunnels cités ont 25 et 24 millimètres de rampe, et que celui

d'Ariano présente 15 millimètres ; qu'ils se trouvent donc dans des conditions favorisant la production de gaz non respirables dans le tunnel.

Nous ne pouvons et ne voulons récapituler ici toute la discussion au sujet du point capital de la question, savoir tunnel à voie unique ou tunnel à double voie [1].

Le tunnel supérieur nécessitait, ainsi que nous l'avons déjà dit, à l'Ouest du col, et malgré les pentes de 30 millimètres par mètre, un développement artificiel qui, dans la vallée étroite, ne pouvait se faire que par des boucles complètes.

Tous les chemins de fer aboutissant vers l'Arlberg n'ont pas de rampes supérieures à 25 millimètres, cette inclinaison *maxima* n'aurait donc, à notre avis, pas dû être dépassée pour l'Arlberg; on pourrait toutefois trouver l'application de rampes plus fortes justifiée par l'idée d'économie qui trouve son expression dans les dispositions du tunnel supérieur en lui-même.

Admises également par le projet qui a reçu la sanction des Chambres, ces fortes rampes de 30 millimètres, quoiqu'elles ne se trouvent pas dans la direction du trafic, ont provoqué une opposition bien énergique de la part de M. A. Friedmann qui, après les avoir combattues à la société des Ingénieurs et Architectes, a renouvelé l'exposé de ses objections à la Chambre des députés, mais sans plus de succès. Tout en reconnaissant qu'il eût été difficile de donner le développement nécessaire à la descente vers Bludenz, pour pouvoir limiter à 25 millimètres la pente, nous regrettons que M. Friedmann n'ait pas réussi à obtenir le maintien de 25 millimètres comme *maximum* de rampe.

Les études de détail pour l'exécution du chemin de fer de Innsbruck à Bludenz sont confiées à la direction de la construction des chemins de fer de l'État, à la tête de laquelle se trouve M. Lott, un ingénieur très distingué, qui a déjà une grande expérience en ce qui concerne la construction de chemins de fer dans les Alpes.

Les travaux se feront sous la direction et aux frais de l'État, mais le mode d'adjudication des travaux de ce chemin de fer, y compris ceux du grand tunnel, n'est pas encore décidé.

1. En 1877, M. le baron Weber publia une brochure dans laquelle il combattait les longs tunnels à voie unique. « Der Eisenbahn Betrieb durch lange Tunnels. » — Vienne, 1877.

Pour terminer nous croyons devoir rappeler en peu de mots les caractères principaux du chemin de fer d'Innsbruck-Bludenz.

La section Innsbruck-Landeck a 72 kil. de long, les rayons de courbure ne sont pas inférieurs à 300 mètres et les rampes pas supérieures à 9 millimètres. La durée de construction est estimée à deux ans ; le kilomètre de cette section, y compris le matériel roulant, est estimé à 263,800 fr., donc la ligne totale d'Innsbruck à Landeck à 18,300,000 fr.

La section Landeck-Bludenz, comprenant le grand tunnel de l'Arlberg, a 65 kil. de long, et la ligne d'accès de l'Est, ainsi que celle du versant Ouest, présentent des difficultés considérables, aussi la durée de leur construction est-elle estimée à près de quatre ans.

Les rayons de courbure sont de 250 mètres ; les rampes ne dépassent pas 25 millimètres sur la ligne du versant Est, qui a 28^{k},4, tandis qu'elles atteignent 30 millimètres sur le versant Ouest, qui présente un développement de 25^{k},9.

Le tunnel principal aura, ainsi qu'il a été dit, 10,270 mètres de long. La cote de la tête Est est de 1302 mètres, celle de la tête Ouest 1215 mètres. Le sommet se trouve à 4070 mètres de distance de la tête Est, à la cote de 1310 mètres.

Les rampes dans le tunnel sont sur le versant Est 2 millimètres, sur le versant Ouest 15 millimètres.

On estime que le percement de ce tunnel ne prendra que cinq à six ans, et qu'il coûtera par mètre courant 3950 fr., soit pour les 10,270 mètres 40,540,000 fr.

Les estimations faites par les Ingénieurs du gouvernement portent, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus, les dépenses à faire en dehors du tunnel à 48,460,000 fr., soit ensemble 89,000,000 fr. pour toute la ligne Innsbruck-Bludenz.

Nous sommes très heureux de pouvoir dès à présent considérer l'exécution de cette ligne de l'Arlberg comme assurée. Nous restons convaincu qu'on eût pu assurer l'exécution de cette ligne à moins de frais, mais nous reconnaissons que la solution adoptée donne satisfaction. Il n'y a que la limite des déclivités, c'est-à-dire les 15 millimètres par mètre dans le tunnel et la pente de 30 millimètres par mètre, sur le versant Ouest que nous regrettons.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS DE MAI 1880

Séance du 7 Mai 1880

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 16 avril est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de MM. Bellier et Xavier, et donne quelques détails sur la carrière de M. Adolphe Bellier, un des dignes représentants du génie civil, secrétaire de notre Société de 1849 à 1853, puis Membre du Comité.

Après avoir débuté au chemin de Versailles R.-G., en 1841, sous les ordres de M. Petiet, Bellier prit part, dans l'entreprise Séguin frères, à la construction du chemin de Montereau à Troyes, puis il passa au chemin de Saint-Germain, sous les ordres de M. Flachat et sous les auspices de ce dernier, entra, en 1852, aux chemins de fer du Midi, en qualité de chef du service central de la voie.

C'est de son service que sont sorties les études définitives sur les différents systèmes de voie, sur son matériel fixe et ces cahiers des charges et règlements modèles, qui ont plus tard servi de types à bien des Compagnies.

La façon magistrale dont il entendait l'administration, avait depuis longtemps fixé sur lui l'attention de la Compagnie, et dès 1853, M. Surell nommé directeur de l'exploitation, l'appelait à Bordeaux en qualité d'inspecteur général.

Le concours de Bellier fut précieux pour la Compagnie et pour son éminent directeur pendant de longues années.

Plus tard, quand sa santé affaiblie vint trahir son activité dévorante, il fut plus particulièrement chargé des institutions de bienfaisance de la Compagnie, et attaché au Comité de Bordeaux pour centraliser les différents services ressortissant aux administrateurs.

Il s'acquitta jusqu'à la fin de ses jours de ces fonctions délicates avec un

tact, une sollicitude et un dévouement auxquels ses chefs comme ses subordonnés ont toujours rendu justice.

Bellier fut non seulement un fonctionnaire habile, mais encore un homme de cœur, dans toute l'acception du mot.

En attendant qu'une notice nécrologique vienne perpétuer dans nos annales le souvenir de ce Collègue si cher, il m'appartenait d'autant plus de dire, ces quelques paroles, que c'est dans le service de Bellier, que je débutai dans la carrière en 1853, et que depuis lors et à diverses époques, j'ai pu apprécier les qualités précieuses d'esprit et de cœur de cet homme de bien.

M. Bourdil donne ensuite quelques détails sur les Expositions de Sydney et de Melbourne.

Il parle d'abord de l'Exposition de Sydney au point de vue économique, qu'il considère comme le fait saillant de cette entreprise. La surface des bâtiments était de 22 mille mètres carrés environ, espace suffisant pour loger au besoin 1/8 de la population. Son prix de revient, qui n'a pas été établi d'une manière certaine, est évalué à 200 mille livres sterling, soit environ 5 millions de francs, et quelques personnes craignaient même que le déficit laissé par l'entreprise ne représentât une somme égale. Si on compare l'Exposition de Sydney avec celle de Paris en 1878, la première paraît avoir coûté moins cher à égalité de surface que la seconde.

Le caractère de cette Exposition est d'ailleurs tout différent de celui des entreprises similaires des autres pays. La Nouvelle-Galles du Sud n'est pas une contrée qui se trouve dans la nécessité de se débarrasser de ses produits; au contraire, elle fait appel à la production étrangère, et elle a voulu signaler son existence par une exhibition faite avec éclat; on peut dire, du reste, que ce but a été partiellement atteint.

Au point de vue de la construction, la position géographique du pays, situé aux antipodes de l'Europe, et la nature du climat exigent des précautions spéciales : la radiation solaire y est très intense, et la température s'élève souvent à 55 degrés centigrades; il en résulte une lumière très puissante, et l'obligation de s'éclairer par le sud, ce qui nécessite une construction toute particulière.

Le palais de l'Exposition était formé de carrés identiques de 25 pieds (7^m62) de côté, juxtaposés, ces carrés avaient reçu le nom de *beehives* (cellule d'abeille). En élévation, chacun d'eux était surmonté d'un comble à un seul égout, avec une fenêtre percée dans la paroi verticale, du côté sud; cette fenêtre, d'une construction très élémentaire, était formée de deux parties superposées, non jointes, de façon à permettre la ventilation.

Le palais comprenait trois étages dans une partie de son ensemble, et deux étages seulement sur le reste.

Si l'on excepte les quatre tours, qui étaient en briques, la totalité du monument était construit en bois recouvert sur toutes ses faces, toiture et parois latérales, de tôle ondulée zinguée. L'élévation du prix de la main-

d'œuvre, excessivement chère dans ce pays, avait conduit à employer ce genre de construction. Le mode d'attache de cette tôle ondulée sur les chevrons présentait une particularité à signaler : le chevron était logé sous l'une des parties bombées de la tôle que l'on poinçonnait à la main; dans le trou ainsi préparé, l'ouvrier plaçait une vis à bois dont la tête reposait sur une petite rondelle de plomb; la compressibilité de cette rondelle, jointe à l'élasticité de la tôle, suffisait pour former un joint étanche et empêcher l'eau de s'infiltrer par les trous de vis.

L'Australie abonde en bois dont quelques-uns sont fort beaux, mais ils ont tous le défaut d'être très durs à travailler. Aussi a-t-on pris le parti de faire venir de Californie tout le sapin qui a servi à la construction.

Au point de vue de la charpente, il est intéressant de signaler que le dôme de cet édifice était le plus élevé du monde qui soit construit entièrement en bois, y compris les piliers; il avait 69m,50 au-dessus du sol.

Il faut dire d'ailleurs que la base du dôme était cerclée par une ceinture en fer de 0m,150 de haut sur 0m,025 d'épaisseur, et une ceinture analogue maintenait également l'appareil au joint de rupture. Il est à présumer que le calcul a tenu peu de place dans l'étude de cette construction.

Comme répartition de la surface entre les différentes nations, nous remarquons que la Nouvelle-Galles du Sud ne s'était réservé que 1/10 de la superficie totale, tandis que dans notre Exposition de 1878, nous en occupions à peu près la moitié, ce qui s'explique évidemment par le but différent que chacune de ces entreprises était appelée à remplir.

La France était représentée à Sydney par 350 exposants seulement et la plupart exposaient des objets d'art, tandis que ce qu'il était utile d'importer dans ce pays c'était des objets de première nécessité, tels que vêtements confectionnés, et produits manufacturés de toute sorte. Il y avait également fort peu de machines. L'Allemagne, au contraire, était représentée par 600 exposants. En dehors des États-Unis et de l'Angleterre, qui y tenaient le premier rang, les autres pays avaient une exposition d'une importance beaucoup plus faible.

L'Australie est riche en matières premières de toute espèce, en mines métallifères très variées, mais il n'y a pas d'industrie, et on y trouve très peu de produits manufacturés : ce sont donc ces derniers qui doivent figurer dans une exposition telle que celle de Sydney.

M. Bourdil ajoute ensuite quelques mots sur l'Exposition de Melbourne, à laquelle il est sur le point de se rendre. Le nombre des exposants français sera cette fois de 1,200, et il y a lieu d'espérer que nous nous relèverons de l'infériorité relative dans laquelle nous nous sommes trouvés par rapport à l'Allemagne. La surface de cette nouvelle Exposition, dont la forme est celle d'un fer à cheval, avec un immense hangar dans l'espace central, n'est pas encore déterminée, mais il est probable qu'elle sera plus considérable encore que celle de Sydney. M. Bourdil se propose d'ailleurs, à son retour, de donner à la Société des détails plus circonstanciés et des renseignements plus précis sur cette dernière entreprise.

M. Douau est en mesure d'affirmer que l'exposition française à Sydney a laissé à désirer, comme l'a fait sentir M. Bourdil : le Commissaire général allemand en a fait mention dans son rapport sur cette Exposition. Mais les Chambres de commerce, et celle de Paris en particulier, se sont vivement émues de cette situation, et ont pris en main nos intérêts pour l'Exposition de Melbourne ; il y a donc tout lieu de croire qu'il se produira là une grande manifestation nationale de nature à compenser dans cette seconde Exposition l'échec relatif que nous avons éprouvé à la première.

M. le Président annonce que l'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la question des Travaux publics ; avant de donner la parole à M. Marché, qui s'est inscrit le premier, il prie M. Love, présent à la séance, de vouloir bien donner lecture de la lettre qu'il lui a adressée sur ce sujet, d'autant que cette lettre résume en partie la question.

M. Love fait remarquer que notre Collègue, M. de Coëne, qui sans doute n'a pas assisté aux séances où ont été discutées les questions relatives à la construction et à l'exploitation des chemins de fer, ou bien n'a lu que d'une manière distraite les procès-verbaux qui ont été publiés, a débuté dans la communication qu'il a faite dans la dernière séance par la singulière assertion qui suit :

« Dans toutes nos discussions sur le régime des chemins de fer français, « on n'a pas réussi à sortir des formules générales; aussi jusqu'à présent « la question semble toujours être restée au même point, *aucune solution* « *n'a été proposée.* » Or, et cela posé, notre Collègue nous apporte cette solution, qui d'après lui s'est fait attendre si longtemps et cependant si facile à trouver, *de la construction et de l'exploitation des chemins de fer par l'État.*

Cependant, sans faire aucun effort de mémoire, je suis certain que chacun de nous se souviendra, que dans le discours de notre Président, aussi bien que dans toutes les communications qui ont suivi, le système rétrograde, au point de vue commercial comme au point de vue politique, préconisé par notre collègue de Coëne a été repoussé par d'excellentes raisons qu'il paraît être le seul à ignorer ; ce qui est d'autant plus extraordinaire, que, au début de la séance où il a pris la parole, une lettre de notre camarade M. Molinos, revenait sur la question en donnant des détails des plus intéressants sur les résultats inévitablement déplorables de l'exploitation par l'État des chemins de fer en Belgique.

Ainsi que l'a justement fait observer notre Président, la Société a d'autres questions à traiter que celle des chemins de fer. Celle-ci doit donc prendre fin un jour ou l'autre, au moins provisoirement, jusqu'à ce que des circonstances nouvelles permettent de la rouvrir avec opportunité. Mais il est évident que ce résultat ne serait jamais atteint, si d'autres Collègues, prenant à leur tour la parole, recommençaient sur de nouveaux frais, comme M. de Coëne, *en faisant table rase de ce qui a été dit par leurs devanciers.*

Il me semble donc que pour arriver à une conclusion, il conviendrait de reconnaître à l'avenir que trois systèmes bien tranchés ont été exposés devant la Société avant la dernière séance; et que l'on ne peut y revenir convenablement en prétextant ignorance des faits et appréciations par lesquels ils ont été combattus ou appuyés. Ces systèmes sont :

1° La construction et l'exploitation des chemins de fer par l'État;

2° Exploitation et construction par *les Compagnies existantes* et pour les lignes à créer, exploitation par de nouvelles Compagnies et construction avec le concours de l'État, soit en argent, soit en travaux avec garantie d'intérêt;

3° Construction et exploitation *exclusivement* par l'industrie privée en ramenant les réseaux existants aux proportions restreintes qu'ils doivent avoir, pour que les *huit ou dix milliards de l'industrie des transports*, ne continuent pas à subalterniser les *trois cents milliards*, qui forment à peu près le capital des industries agricoles manufacturières et immobilières dont la première ne doit être que l'humble servante.

Cela dit, je reconnais volontiers que M. de Coëne a raison de trouver que nous sommes fort en arrière des Anglais, pour nos procédés d'exploitation. Ce qui tient suivant moi, à ce que nos réseaux sont trop étendus et qu'ils sont *administrés* et *non exploités*, ainsi que me le disait, il y a une quinzaine d'années, un administrateur anglais de l'une de nos grandes Compagnies.

Tout est là, en effet, dans cette seule différence : *Administrer au lieu d'exploiter*. Toute exploitation commerciale qui prend une trop grande extension est sur la pente fatale qui la conduit insensiblement, inévitablement à l'*administration*, à cette énorme machine où l'homme si intelligent, instruit, actif qu'il soit, n'est bientôt plus qu'un rouage qui reçoit et transmet *passivement* le mouvement sans s'y intéresser parce qu'il n'y trouve ni intérêt ni profit.

Allez donc à un tel homme, sous la forme d'un chef de gare, proposer des machines pour activer et rendre plus économique la manutention des marchandises. Cela lui est bien égal. Il n'est sensible, faute d'un autre attrait, celui du *stimulant de l'intérêt privé immédiat*, qu'à la vanité de commander à un nombreux personnel. Ce sentiment, j'en ai fait l'expérience, se retrouve à tous les degrés de la hiérarchie aussi bien que dans les administrations de l'État. Rien n'y peut faire qu'un changement radical de système, qui mettra *sérieusement* en œuvre avec le maximum d'intensité possible, le stimulant de l'intérêt personnel. Celui-là ne trouvera sa place, l'expérience l'a fait assez voir, que dans les réseaux bornés à une étendue où le chef puisse tout voir, activer, varier les procédés de fonctionnement des gares, sans mourir prématurément à la tâche.

M. LE PRÉSIDENT fait observer qu'il a déjà, à plusieurs reprises, émis l'avis que la discussion sur la question des chemins de fer ne devait pas être

prolongée outre mesure, d'autant que ceux de nos Collègues qui avaient pris la parole jusqu'ici, sans être tous du même avis, avaient cependant tous parlé dans le même sens. Mais depuis qu'il a vu se produire une opinion complètement opposée, il a pensé que cette circonstance devait motiver une nouvelle discussion qui fera l'objet de la présente séance; il donne donc la parole à M. Marché pour répondre à la communication de M. de Coëne.

M. Marché expose que la communication de M. de Coëne qui a courageusement entrepris la défense du rachat et de l'exploitation par l'État, considérés par lui comme les seuls moyens d'assurer l'économie dans les frais d'exploitation, l'abaissement des tarifs et le développement du commerce et de l'industrie de la France, a placé la question ouverte par M. le Président et par notre collègue M. Level sur le rôle des Ingénieurs civils et de l'industrie privée dans l'exécution du plan d'ensemble de travaux publics conçu par M. de Freycinet, sur un terrain nouveau.

Cette communication appelle une réponse catégorique aux partisans du rachat, et M. Marché a demandé à prendre la parole le premier parce que M. de Coëne s'est appuyé dans sa note sur un certain nombre de chiffres, extraits de communications antérieures, chiffres qu'il a interprétés en faveur d'une thèse qui n'est pas celle de M. Marché, ce qui lui a fait un devoir de rectifier les interprétations et les conclusions qu'on a cru pouvoir en déduire.

Avant de commencer l'examen des chiffres de M. de Coëne, M. Marché présente quelques observations préalables.

Ce qui, à son avis, caractérise l'argumentation de tous les partisans du rachat et de l'exploitation par l'État, — deux choses fatalement inséparables dans la pratique, quoi qu'en pensent quelques personnes — c'est la contradiction formelle qu'on rencontre dans toutes leurs déclarations, entre les critiques formulées à l'égard de l'organisation actuelle et les solutions proposées pour porter remède aux abus signalés, souvent à juste titre, il faut le reconnaître.

Ainsi, M. de Coëne reproche à nos services d'exploitation de ne pas avoir l'esprit commercial des services anglais, d'avoir mis des ingénieurs, là où il faudrait des hommes d'affaires; il nous présente les résultats de l'exploitation en Angleterre comme prouvant qu'on a, dans ce pays, assuré l'économie dans les frais d'exploitation, donné aux voyageurs le confort et la vitesse; aux marchandises, le transport et la prompte livraison et cela, fait nouveau du reste, avec des tarifs, dit-il, moins élevés que les nôtres.

Tout cela a été obtenu grâce à ce que les chemins anglais sont dirigés par des hommes d'affaires, parce qu'il y a concurrence, liberté absolue des transactions, esprit commercial, etc., etc.

M. de Coëne conclut-il à ce que pour obtenir des résultats analogues, nous imitions l'Angleterre? Non pas, il conclut à ce que nous fassions le contraire de ce que font les Anglais et à ce qu'on substitue aux Compagnies actuelles l'État et ses fonctionnaires. Première contradiction.

Quand les partisans du rachat se plaignent du monopole des Compagnies, ils déplorent qu'on ne puisse, par la libre concurrence, les forcer à abaisser leurs tarifs qui sont, disent-ils, exagérés, et si, en quelques points, par suite du parallélisme des voies navigables ou la construction de chemins nouveaux, cette concurrence vient à naître, si, sous son influence, ainsi qu'on le souhaitait, les Compagnies abaissent leurs tarifs, alors on les accuse de ruiner la batellerie, de tuer le cabotage, de faire des détournements... L'arbre est stérile, on le maudit; il porte ses fruits, on veut le déraciner. Deuxième contradiction.

Trois à quatre mille kilomètres constituent, dit-on, le maximum d'étendue d'un réseau à confier à une administration et on propose de mettre 15 à 20,000 kilomètres entre les mains du Ministre des travaux publics.

Le public est, dit-on, désarmé, en face de Compagnies trop puissantes, dans ses réclamations en matière de tarifs, et on le placerait en présence de l'État et d'une administration omnipotente. Troisième, quatrième contradiction ; on en ferait un volume à joindre aux contradictions économiques de Bastiat et de Proudhon.

M. Marché demande ensuite si M. de Coëne voudrait bien préciser le sens de deux expressions dont il s'est servi. Il a dit : « La construction et « l'exploitation sont deux ordres d'idées différents, l'une est du domaine « des travaux publics, c'est avant tout et surtout l'affaire des ingénieurs; « quant à l'autre, elle devrait être confiée, comme dans tous les autres « pays, à des hommes d'affaires. »

Qu'entend M. de Coëne par un ingénieur; qu'entend-il par un homme d'affaires?

Si, comme on peut le penser en lisant les premières lignes de sa note, l'ingénieur construit les chemins de fer, au même titre qu'il construit les routes, les canaux, les ports de mer, etc., c'est l'ingénieur des ponts et chaussées. Quant à l'homme d'affaires, c'est, dit-il, en Angleterre, « l'homme remarquable qui a une influence considérable dans le pays, » ce sera, sans doute, le président de Conseil d'administration que doit nommer l'État dans chacun des dix réseaux que propose de former M. de Coëne, ce sera un député influent, un fonctionnaire supérieur.

Mais que devient, dans ce système, l'ingénieur civil qui n'est ni ingénieur des ponts et chaussées, ni ancien préfet; M. de Coëne l'expulse tout simplement de la direction des chemins de fer. Singulière conclusion d'un débat engagé à la Société des ingénieurs civils.

M. Marché résume ainsi la thèse de M. de Coëne :

Il faut retirer nos chemins de fer des mains des Compagnies actuelles, par la mesure du rachat :

1° Parce qu'elles exploitent chèrement;

2° Parce qu'elles appliquent des tarifs plus élevés que ceux des autres pays;

3° Parce qu'elles refusent toutes les améliorations réclamées par le public pour le transport des voyageurs comme pour celui des marchandises.

Et il faut, après rachat, confier en tout ou en partie l'exploitation à l'État :

1° Parce qu'il exploitera économiquement;

2° Parce qu'il abaissera les tarifs;

3° Parce qu'immédiatement, du jour au lendemain, il donnera au public toutes les améliorations qu'il réclame inutilement des Compagnies actuelles.

Passons en revue ces diverses affirmations en examinant les chiffres sur lesquels elles ont été basées.

M. Marché rappelle que dans la séance du 19 mars, il a présenté une comparaison des prix de revient par unité en 1868 et en 1878, de laquelle il résultait que ce prix de revient, sur les lignes de grand trafic, était resté, à dix ans d'intervalle, sensiblement le même et égal à 2c40 par unité kilométrique, la diminution constatée sur les frais de matériel et traction étant compensée par de légères augmentations sur les dépenses d'administration centrale et celles d'entretien et de renouvellement de la voie.

Il n'avait tiré de ces chiffres qu'une seule conclusion, c'est que les formules déduites des résultats de 1878 pouvaient être admises comme étant d'une application générale; il n'ignorait pas qu'il y avait une autre conclusion à en tirer, mais il n'admet pas que ce devait être celle indiquée par M. de Coëne, à savoir qu'en France, « l'exploitation périclitait. »

Les tableaux relatifs à cette comparaison, complétés par ceux qui concernent l'utilisation des trains et la fréquentation diurne, sont mis de nouveau sous les yeux des membres de la Société.

M. Marché a pensé que si ces résultats pouvaient prouver que l'exploitation périclitait en France, on devait constater des résultats différents en Angleterre.

Mais il résulte, au contraire, de divers documents qu'il présente sur l'exploitation du Great-Western, du Great-Northern et de l'ensemble des chemins anglais que le prix de revient est non pas resté le même, à dix ans d'intervalle, mais a augmenté dans une notable proportion.

En 1867, sur un ensemble de lignes représentant 22,900 kilomètres, la recette kilométrique était de 43,095 fr., les dépenses s'élevaient à 21,666 fr., rapport 50 pour 100.

En 1877, les recettes s'élevaient à 68,306 fr., les dépenses à 36,426 fr., rapport 53.33 pour 100.

Autrement dit, en dix ans, les recettes se sont accrues de 58.7 pour 100 et les dépenses de 68.1 pour 100.

Sur le Great-Northern, le rapport des dépenses aux recettes, qui était en 1867, de 51.6 pour 100, a atteint en 1877, 55.8 pour 100, et si on compare les dépenses par service, on trouve pour le coût du kilomètre de train :

	En 1867	En 1877
Frais généraux, impôts, redevances, etc. .	0 fr. 279	0 fr. 382
Exploitation proprement dite (Traffic expenses).	0 515	0 738
Matériel et Traction.	0 760	0 673
Voie.	0 321	0 389
	1 fr. 875	2 fr. 182
Recettes par kilomètre de train.	3 fr. 63	3 fr. 91

Et on voit qu'en Angleterre comme en France, il y a réduction sur les dépenses de matériel et traction et augmentation sur les autres services.

Si donc, en Angleterre comme en France, malgré l'augmentation du trafic, qui devrait amener une réduction des frais généraux par unité, on constate une augmentation du prix de revient, la cause en doit être cherchée ailleurs que dans les défauts de notre système d'exploitation.

C'est qu'en effet, ce principe qu'en industrie les frais généraux doivent diminuer par unité, à mesure qu'augmente le nombre d'unités fabriquées, n'est exact que dans certaines limites.

Il est fort vrai, que si un chemin étant construit, outillé et organisé de manière à satisfaire au trafic correspondant à une recette kilométrique de 30,000 francs, par exemple, on n'y réalise qu'une recette de 15,000, 20,000, 25,000 francs, les frais généraux seront les mêmes et, répartis par unité, diminueront au fur et à mesure que la recette croîtra jusqu'au chiffre de 30,000 francs, considéré comme la mesure de la capacité maxima du chemin tel qu'il est organisé.

Mais si la recette dépasse ce chiffre de 30,000 francs, le chemin ne pourra satisfaire aux besoins du trafic qu'en étendant son outillage et en augmentant son personnel, et les frais généraux augmenteront proportionnellement au nombre d'unités transportées : il faudra augmenter le personnel des gares, celui des bureaux centraux, construire du matériel, agrandir les dépôts, les ateliers, etc.

Au delà d'un certain trafic, les frais d'exploitation par unité ne diminueront donc plus; toutes les industries présentent le même phénomène. Et sur les chemins de fer — les chemins anglais en donnent la démonstration — il vient un moment où on ne développe plus le trafic qu'en augmentant le nombre des trains, qu'en excitant la circulation des voyageurs par les billets circulaires et les billets d'aller et retour et qu'en accélérant la livraison des marchandises; toutes ces mesures ont pour conséquence une augmentation du prix de revient.

Les résultats constatés en comparant en France les exercices 1868 et 1878 sur les lignes de l'ancien réseau, ne prouvent donc pas que l'exploitation y périclite, mais que le coût par unité s'accroît et s'accroîtra encore fatalement, par l'effet de causes générales qui existent partout.

Lors même donc, que l'exploitation des chemins français de grand trafic serait confiée à d'autres qu'aux Compagnies actuelles, c'est une illusion de

croire que le prix de revient descendra sensiblement au-dessous du chiffre actuel de 2c40 par unité et par kilomètre.

Ce prix est d'ailleurs de 2c75, en Belgique où l'État exploite et où le charbon et les fers coûtent moins cher qu'en France, et il atteint 3c30 en Angleterre.

M. Marché examine ensuite le fait assez inattendu, signalé par M. de Coëne, que les tarifs seraient, en Angleterre, inférieurs de 11 pour 100 à ceux appliqués en France.

Les documents statistiques anglais, dans lesquels ne figure pas le parcours kilométrique des marchandises, ne donnent pas comme ceux de nos Compagnies françaises, la valeur du parcours moyen, ni celle de la taxe moyenne.

En 1857, d'après M. Haughton, j'avais évalué cette taxe moyenne à 7c58; d'après M. de Coëne elle est actuellement de 6c98, avec un parcours moyen de 58 kilomètres.

Mais dans les comparaisons d'un pays à l'autre, il ne faut pas trop s'empresser de conclure sur des moyennes qui ne sont pas obtenues de la même manière.

Pour le parcours moyen, il faut tenir compte de la longueur des lignes et du nombre des Compagnies, car les marchandises à long parcours sont comptées autant de fois qu'il y a de Compagnies.

Quant au tarif moyen, il peut fort bien différer d'une ligne à l'autre, quand même sur les deux lignes les mêmes taxes sont appliquées, si la nature des marchandises transportées est différente.

Ainsi, tandis qu'en France sur 38,000,000 tonnes transportées, 10,400,000 tonnes sont des houilles et cokes, transportées à 4c19 par tonne kilomètre, 27,600,000 tonnes sont des marchandises transportées à 6c45. La moyenne est de 6 centimes, en Angleterre, la proportion des *minerals* est de 78,700,000, sur 114,900,000 tonnes, et les marchandises proprement dites ne représentent que 36,200,000 tonnes. La proportion est renversée. Si on appliquait aux transports anglais, les taxes françaises de 4c10 et 6c45 on trouverait une moyenne de 4c88, au lieu de 6 centimes.

Le tarif anglais moyen étant, malgré cette énorme proportion de marchandises pondéreuses, de 6c98, il est donc évident, que même en tenant compte du moindre parcours moyen, ce tarif est, ainsi que tout le monde l'a admis jusqu'ici, de 25 à 30 pour 100 supérieur au tarif français.

M. Marché présente d'ailleurs trois graphiques représentant les prix des tarifs du Great-Eastern, du Nord français et de l'État belge (1868), qui montrent mieux que les moyennes, les relations qui existent entre les prix appliqués en Angleterre, en France et en Belgique et prouvent que nos tarifs se rapprochent beaucoup des tarifs belges et sont très inférieurs aux taxes anglaises.

Restent les tarifs belges, évidemment inférieurs aux tarifs français. A leur égard, il suffit d'établir le calcul suivant :

Le prix de revient moyen par unité kilométrique est de.	2 c. 75
L'intérêt du capital engagé dans la construction des chemins belges, qui ont coûté 500,000 francs par kilomètre, est par unité de.	2 92
Total.	5 c. 67

Or, le tarif moyen est de 4°46, d'où un déficit de 1°21, qui, pour deux milliards d'unités kilométriques, représente 24,500,000 francs à la charge des contribuables, soit par habitant 1 fr. 60.

M. de Coëne nous a dit, que l'application en France des tarifs belges, nous ferait gagner 166 millions. Ajoutons en France aux impôts, 1 fr. 50 par tête, diminuons les tarifs d'autant, et nous aurons, comme en Belgique, un prix moyen de 1 centimes et demi. Est-ce à ce prix que nous devons arriver aux transports à bon marché?

Quant aux améliorations à apporter au service des voyageurs et à celui des marchandises, nous sommes tous d'accord pour reconnaître qu'il y a beaucoup à faire dans ce but en France, mais faut-il nécessairement substituer l'État aux Compagnies pour obtenir ces améliorations?

En ce qui concerne spécialement les délais de livraison des marchandises transportées aux conditions des tarifs spéciaux, il est certain que les Compagnies ont commis une véritable faute en faisant de la prolongation de délai, la condition *sine qua non* de toute diminution de tarif, qu'elles ont ainsi entravé l'essor des transactions, compromis l'utilisation de leur matériel et arrêté le développement du trafic.

Mais il faut bien dire que le public les a encouragées dans cette voie et que si nous étions plus pratiques que nous le sommes parfois, en France, nous parlerions moins de l'abaissement des tarifs, et nous demanderions, plus sagement, aux Compagnies, d'améliorer leurs services et principalement d'accélérer les transports trop justement appelés de petite vitesse.

En transportant plus rapidement, on ferait plus pour l'extension du trafic qu'en réduisant les taxes, et l'accroissement du trafic entraînerait ultérieurement la diminution des tarifs.

On semble croire que l'État, maître des tarifs, les diminuera. Certainement au début, pendant la lune de miel de l'exploitation par l'État, on ne pourra refuser aux industriels influents ou aux députés zélés pour les intérêts particuliers de leur arrondissement, des réductions importantes, mais cette situation ne se maintiendrait pas longtemps et, le prix de revient ne diminuant pas, il faudrait bien que le Ministre des travaux publics demandât des crédits pour couvrir les déficits et que le Ministre des finances obtînt de l'impôt, des contribuables, les ressources nécessaires.

Tous les transporteurs sont contribuables, mais tous les contribuables ne sont pas transporteurs. On dira peut-être qu'ils sont tous consommateurs, mais croit-on sincèrement que les abaissements de tarifs profiteraient aux consommateurs, et ne sait-on pas que les producteurs et les industriels seraient seuls à en bénéficier.

M. Marché examine ensuite le système intermédiaire qui semble avoir les préférences de M. de Coëne, celui de l'exploitation par des Sociétés fermières, exploitant moyennant la moitié des économies qu'elles réaliseraient sur le prix actuel de la tonne kilométrique. Rien ne prouve que ces économies seraient suffisantes pour assurer l'existence de ces Sociétés et il y a lieu de craindre que beaucoup d'entre elles ne puissent remplir leurs engagements et que l'État ne soit forcé de les remplacer successivement.

Quelles améliorations dans le service, quelle sécurité, quels progrès pourrait-on espérer d'entreprises éphémères, vivant au jour le jour et dont le personnel, à peine formé, s'éparpillerait aux quatre vents du chemin, à chaque changement de concessionnaires?

Pour assurer le transport sur les grandes artères, il faut des trains nombreux, un matériel et une voie parfaitement entretenus, une surveillance rigoureuse, il faut la fréquence, la régularité, la sécurité.

Reconnaissons que ces conditions ne peuvent être réalisées que par une Compagnie puissante, ayant le stimulant de l'intérêt privé, mais ayant surtout la certitude de la durée qui seule lui donnera le crédit nécessaire pour effectuer les améliorations indispensables, et seule lui permettra de former et de conserver, en assurant son avenir, un personnel capable, stable, expérimenté.

Maintenant, qu'on débarrasse les grandes Compagnies actuelles du fretin des lignes secondaires et des embranchements qu'elles exploitent chèrement, par la force des choses, et qu'on donne ces chemins à faible trafic et ceux qui restent à construire, à d'autres Compagnies, organisées, nous ne dirons pas mieux, mais autrement; que ces Compagnies exploitent économiquement et fassent payer les transports ce qu'ils valent, en raison du coût des lignes et du faible trafic desservi, et on pourra certainement obtenir sur les lignes de grande circulation et spécialement pour les matières premières, de sérieuses et *utiles* réductions de tarifs.

Les chemins de fer ne créent pas la richesse, ils la répartissent, et il ne faudrait pas croire que les abaissements de tarifs amènent toujours et indéfiniment l'augmentation du trafic. Il ne faudrait pas croire non plus que rien n'empêche les Compagnies d'appliquer des taxes trop élevées. Lors même qu'il n'y a pas concurrence, les Compagnies ont un frein naturel dans la loi de l'offre et de la demande. Avec des tarifs trop élevés, elles arrêtent les transactions et s'exposent à voir diminuer leurs recettes; avec des tarifs trop bas, elles réduisent leurs bénéfices inutilement si elles atteignent la limite du prix au-dessous de laquelle la réduction de prix n'a plus d'action sur le développement des transports.

M. Marché pense qu'en pareille matière, loin de recourir à l'État, il faut laisser l'équilibre s'établir naturellement, *simplifier* les tarifs, rendre leur mécanisme logique et équitable, les *uniformiser* le plus possible, il ne dit pas les unifier, et quant au taux de ces tarifs, surtout en matière de

transports industriels, laisser compagnies et public s'entendre librement ou lutter parfois, comme des industriels et des commerçants ordinaires.

Il termine en rappelant la formule du prix de revient par unité kilométrique qu'il a établie au début de cette discussion, et en répétant que la connaissance du prix de revient doit être la base de toute étude du régime des tarifs, car des abaissements de tarifs ne procureront des économies et un accroissement de richesse, que s'ils sont la conséquence de la diminution du prix de revient.

Il discute de nouveau les diverses données qui entrent dans cette formule et insiste sur son application aux chemins à construire pour l'achèvement du réseau.

Enfin, revenant au rôle de l'État, il répète que l'État doit contrôler très énergiquement, qu'il ne doit pas construire et surtout qu'il ne doit jamais exploiter.

M. le Président demande à M. de Coëne s'il désire répondre individuellement à chacun des Membres qui prendront la parole au sujet de sa communication, ou s'il préfère attendre que tout le monde ait présenté ses objections.

M. de Coene répond que les mêmes arguments pouvant être répétés par plusieurs personnes, il préfère prendre la parole après que chacun aura fait connaître sa manière de voir.

M. Vauthier demande à présenter une observation préliminaire. Il était venu pour entendre la discussion des chemins de fer, et ce n'est pas sans une certaine surprise qu'il apprend que la Société considère cette discussion comme terminée et que c'est M. de Coëne qui l'a rouverte. Il regarde cette circonstance comme très heureuse, car il ne croyait pas que la véritable discussion eût encore commencé. En effet, voici, d'après lui, la marche qu'a suivie cette question : dans la séance non officielle du 13 février, il a été préparé et discuté un programme devant servir de base à la discussion ; ce programme a été ensuite présenté, dans la séance du 5 mars, à la suite d'une communication de M. Love, comme représentant l'opinion d'un groupe de membres de la Société. La communication de M. Love, pas plus que le programme dont il vient d'être question, n'ont donné lieu à aucune discussion immédiate. Dans la séance du 19 mars, M. Marché a présenté une étude sur les tarifs et prix de revient, suivie de quelques débats restreints au sujet spécial traité, puis est venue une communication de M. Lejeune sur le même sujet ; dans la séance du 16 avril, une lettre de M. Molinos sur les chemins de fer de l'État belge, n'a pas été discutée ; enfin, dans la même séance, la communication de M. de Coëne est venue fort à propos rouvrir le débat. M. Vauthier est en effet de cet avis, que le point à traiter devant la Société est celui dont on vient seulement de parler, et qui n'avait pas encore été abordé franchement, celui du *rachat par l'État*. C'est là la question essentielle, qui demande une étude approfondie et complète, parce qu'elle préoccupe au plus haut degré et l'opinion publique et le Parlement.

On raisonne en France, dit M. Vauthier, comme si cette question avait quelque part des analogues ; on cite l'Angleterre et autres pays ; mais y a-t-il une comparaison à établir entre ce qui se passe dans les autres pays et ce qui se passe en France ?

En somme, voici quelle est chez nous la situation : les transports par chemins de fer, qui ont une importance si considérable au point de vue de la prospérité générale, se trouvent entre les mains d'une *féodalité financière* qui en est absolument maîtresse, qui les dirige et les gouverne suivant sa volonté, au grand détriment des intérêts du public ; il faut profiter de la latitude que donnent les contrats des grandes Compagnies, pour voir s'il n'y aurait pas moyen de substituer à ce régime un régime plus conforme aux tendances actuelles de l'opinion et aux besoins du commerce et de l'industrie.

La solution du rachat a été posée en termes exprès par M. de Coëne ; mais M. Vauthier croit pouvoir aller plus loin en montrant que les communications qui ont été faites jusqu'ici à la Société sur cette question impliquent toutes la *nécessité du rachat.*

M. Vauthier rappelle d'abord la communication de M. Love, qui, après avoir exposé un système de *réseaux indépendants concédés à des Compagnies nouvelles*, examine les précautions à prendre contre les grandes Compagnies, et dit : « On ne peut s'attendre à ce que de tels voisins se prêtent à l'exécution de lignes nouvelles, puisqu'elles ne peuvent être faites qu'à leurs dépens, *au moyen de tronçons leur appartenant.*

« On ne peut espérer davantage, qu'elles renoncent à leur habitude invétérée de les mettre à mal. . . . . .

« Il faudra donc les diminuer, non seulement de ce qui sera nécessaire à la formation des lignes régionales transversales ; mais aussi d'un certain nombre de lignes rayonnantes au moyen desquelles elles troubleraient trop facilement les rapports, qui devront s'établir aux points de rencontre entre les *deux systèmes rayonnants et régionaux.* »

Plus loin, M. Love exprime l'avis : « Que ce grand résultat peut être atteint sans que l'État ait besoin d'intervenir autrement que pour arrêter les nouveaux réseaux, et les mettre en adjudication. »

Il faut donc que l'État *intervienne*, pour la création des nouveaux réseaux, et puisqu'il faut leur reprendre des lignes qu'elles possèdent, qu'il *s'entende* avec les Compagnies ou bien qu'il les *rachète.* M. Love, conclut M. Vauthier, est donc, sinon explicitement, du moins implicitement, partisan du rachat.

M. Vauthier examine ensuite la communication collective présentée dans cette même séance du 5 mars, et passe de suite à la conclusion, qui résume l'ensemble du travail ; on y trouve d'abord une série de solutions négatives :

« L'État ne doit pas employer les ressources du pays à racheter les lignes existantes, pour les administrer lui-même..... Il ne doit pas davan-

tage opérer le rachat pour livrer l'exploitation à des Compagnies fermières..... Il ne doit pas construire lui-même les lignes nouvelles..... Il ne doit pas concéder les lignes nouvelles aux grandes Compagnies. . . . . »

Enfin, l'État : « doit reviser les cahiers des charges..... » Mais où l'État en puisera-t-il le droit? C'est poser une condition qui suppose implicitement le rachat. L'État doit, il est vrai, « donner à ces entreprises plus de liberté d'action, une plus grande facilité d'exercer commercialement leur industrie..... sans d'ailleurs attaquer le bénéfice de leur situation acquise. »

Tout cela suppose néanmoins le *remaniement* complet du contrat actuel, remaniement qui n'est possible qu'une fois le rachat opéré. « Enfin, en ce qui touche les lignes restant à construire, l'État doit en livrer l'exécution et l'exploitation à des Compagnies régionales..... Il doit leur accorder des subventions ou le concours financier nécessaire pour les soustraire aux désastres dont le plus grand nombre des anciennes petites Compagnies a été frappé. » M. Vauthier admet ces idées, mais il ne considère la solution proposée comme réalisable et efficace que si les lignes régionales sont groupées en réseaux compacts et fermés, seul système qui empêche les grandes Compagnies d'écraser les petites, et, pour arriver à cette organisation, le seul moyen, implicitement supposé dans la communication collective, c'est le *rachat*.

M. Vauthier passe à la communication de M. Marché, qui est partisan de l'unification des tarifs :

« Une seule des Compagnies, dit M. Marché, celle du Nord, applique des lois régulières, qui lui ont permis d'établir un barème unique, qui permet de calculer tous les prix. Cet exemple pourrait facilement être imité par les autres Compagnies. . . . . »

C'est fort bien, mais il faudrait, pour cela, que les Compagnies voulussent bien se *prêter* à cette combinaison. Si elles ne le veulent pas, comment les y contraindre?

M. Vauthier continue et rappelle l'observation faite à M. Marché : « qu'il n'y a pas lieu de désespérer de l'abaissement des tarifs, » eu égard aux économies qu'il est possible de réaliser dans l'établissement des lignes nouvelles. M. Marché répond : « Sur les grandes artères .... ce qu'il importe surtout d'assurer, c'est la régularité et la sécurité.....; sur les embranchements, c'est l'économie qui doit, au contraire, être la base du système d'exploitation. C'est exiger l'impossible, que de demander à la même organisation..... d'exploiter économiquement les grandes lignes et petites lignes, et certainement en confiant l'exploitation de ces dernières à d'autres que les grandes Compagnies....., on améliorera la situation. » M. Marché est donc partisan de la *décomposition* des lignes en lignes à grand trafic et en lignes à faible trafic. Mais, pour que ce *remaniement* soit possible, il faut être d'abord en possession des lignes à remanier, ce qui suppose encore le rachat.

En résumé, M. Vauthier croit que, dans la situation actuelle, les esprits qui répugnent le plus au rachat, se sentent aux prises avec des difficultés qui sont impossibles à résoudre sans cet élément. M. de Coëne a seul abordé directement la question. D'ailleurs, y a-t-il, comme on veut bien le dire, *compromission des deniers publics*, dans cette opération du rachat? Nous savons tous quelles sont les règles édictées dans les cahiers des charges pour le cas d'une pareille éventualité; nous savons que c'est une simple question de *virement* : l'État rachèterait les réseaux au prix d'une annuité correspondant aux recettes nettes des Compagnies. Le seul cas où il y aurait préjudice pour le Trésor public serait celui où l'État, ayant des lignes entre les mains, ne les exploiterait pas aussi économiquement que le font aujourd'hui les Compagnies. Mais c'est un point qui n'a jamais été démontré.

M. Vauthier affirme qu'il n'est pas partisan de *l'exploitation par l'État*, quoiqu'il soit partisan du *rachat;* le rachat c'est, d'après lui, le seul moyen d'éviter tous les abus qui caractérisent le régime actuel, et d'empêcher que des intérêts privés détiennent un organisme essentiel de la vitalité nationale.

Dans le programme de discussion qui a été présenté à la Société, on n'a pas admis la solution des Compagnies fermières. Il semble qu'on ait voulu acculer l'État à une impasse en l'obligeant, en cas de rachat, à exploiter lui-même, ce qui répugne au pays. M. Vauthier pense que ce point a été traité trop légèrement, et qu'il demande à être étudié d'une manière plus sérieuse; on aurait dû se demander s'il n'y a pas plusieurs formes de contrat, comme il a déjà eu occasion de le faire voir. Il admet pleinement pour son compte dans tout ce qui est exploitation l'action de l'industrie privée, mais il regarde comme une condition essentielle que l'État soit maître des tarifs. A cette solution, on fait deux objections : la première, que l'État ne pourra résister à la pression de l'opinion qui demandera sans cesse des réductions de tarifs; la seconde, que le pouvoir législatif pourra en faire un moyen d'élever les impôts. M. Vauthier considère ces objections, d'ailleurs contradictoires, comme sans valeur.

La remise des tarifs aux mains du pouvoir législatif, comme lui est confié l'impôt lui-même, est une question d'ordre public qui n'exclut nullement une organisation suffisamment bien entendue, pour que l'État ne se trouve pas en perte. D'ailleurs, il pourrait y avoir des tarifs différents pour les lignes à grand trafic et pour celles à faible trafic, suivant la distinction établie très justement par M. Marché; mais ce sont là toutes questions qui, nonobstant le lien qu'elles ont avec les considérations techniques, n'en dépendent pas absolument, et doivent être réglées au mieux de l'intérêt général.

Enfin, M. Vauthier signale un troisième point du programme : l'État ne doit pas construire lui-même. M. Vauthier est entièrement de cet avis. Pour lui le régime de pentes des voies ferrées dépend essentiellement du trafic

qu'elles doivent porter. La construction est donc intimement liée à l'exploitation et dépend de considérations industrielles auxquelles l'État n'est pas propre. Mais encore faut-il trouver un système organique qui satisfasse aux conditions essentielles du problème. Des négations ne suffisent pas, et M. Vauthier ne pense pas que ce soient les objections produites dans le programme qui puissent détourner l'opinion publique de cette idée : qu'il faut en finir avec un régime dans lequel quelques intérêts particuliers sont maîtres des moyens les plus puissants de circulation du pays.

M. Dallot demande à présenter une simple observation. M. Vauthier a prétendu qu'il n'a jamais été démontré que l'exploitation par l'État soit plus chère que celle par les Compagnies. Or ce fait lui paraît assez bien prouvé si l'on compare les résultats fournis par les réseaux de l'État belge et par celui de la Compagnie du Nord, dont les réseaux se trouvent dans des conditions analogues; le premier est exploité à 70 pour 100 et le second à 40 pour 100.

M. Marché fait observer que ce n'est pas là un argument suffisant, parce qu'il faut tenir compte des tarifs appliqués; celui qu'il faut faire valoir, c'est que la dépense par unité kilométrique est de 2c,75 dans le cas de l'État belge, et 2c,40 dans celui de la Compagnie du Nord.

M. Marché répondant à M. Vauthier, dit que celui-ci est partisan du rachat, sans l'être de l'exploitation par l'État; il se demande alors ce qu'il compte faire après le rachat, et pourquoi, avant d'employer cette mesure extrême, on ne formule pas un programme renfermant les principales améliorations qu'on désire introduire, les changements de tarifs qu'on croit utiles aux intérêts du public. Si ce programme est présenté aux Compagnies en leur demandant si elles consentent à en remplir les conditions et si celles-ci les repoussent, il sera temps alors de recourir au rachat.

Rien ne prouve que les Compagnies se refuseraient à des combinaisons nouvelles, à des arrangements équitables. Est-ce qu'en 1859, les cahiers des charges n'ont pas été littéralement bouleversés par les clauses du revenu réservé et du déversoir? Est-ce qu'on n'a pas imposé en 1859 aux Compagnies la construction des lignes improductives du nouveau réseau; pourquoi la convention de 1881 ne pourrait-elle pas, au contraire, retirer ces lignes aux Compagnies actuelles?

M. Courras ajoute que les contrats des Compagnies de chemin de fer n'ont pas seulement été modifiés en 1859, mais qu'en 1857 et 1863, ils l'ont été également dans une large mesure. En ce qui touche leurs réseaux, les Compagnies se sont également prêtées à toutes les combinaisons étudiées par l'État en vue de les étendre ou les restreindre; les diverses conventions passées par la Compagnie d'Orléans en donnent une preuve convaincante. On n'est pas autorisé à dire comme M. Vauthier que les Compagnies ne se prêtent à aucun arrangement.

M. Chabrier a la parole pour lire une note qu'il a préparée sur cette question.

Messieurs,

Il a été bien juste de dire que le débat soulevé si à propos par le discours de notre Président, commençait le jour où il s'est produit ici une opinion convaincue en faveur de l'exploitation des chemins de fer par l'État.

Nous avons certes été étonnés d'entendre revendiquer pour le gouvernement les qualités industrielles et commerciales, qu'on refuse, peut-être pas sans raison, aux grandes Compagnies ; mais nous devons nous féliciter de la phase dans laquelle la communication de M. de Coëne a fait entrer la discussion.

Si, comme le pense notre Président, la discussion sur les travaux publics a assez duré, elle a conduit à celle de l'exploitation des chemins de fer, qui n'a pas moins de titres à l'attention de notre Société.

Il était absolument nécessaire pour les hommes du métier d'aborder ce sujet si grave et de dire ce qu'ils en pensent, car la confusion se fait de plus en plus et l'opinion s'égare.

Or, quand elle ne saisit pas bien les détails d'un débat, l'opinion publique se borne à personnifier la question dans les représentants des solutions extrêmes, et se passionne pour telle ou telle individualité.

La question des chemins de fer est sur cette pente, et déjà il me semble qu'il n'y ait plus en présence que l'État et les grandes Compagnies, que la seule chose à obtenir est l'abaissement des tarifs.

Rachat ou *statu quo*, voilà les deux maux entre lesquels on nous invite à choisir.

Jamais peut-être la Société des Ingénieurs civils n'a eu un rôle plus indiqué; elle doit au pays, elle doit à son passé si brillant par l'influence que ses discussions ont exercée sur l'établissement des chemins de fer, d'intervenir activement dans ce débat.

Les arguments topiques, appuyés sur des chiffres nombreux et produits par nos Collègues les plus autorisés, ont établi que l'État fait mal l'exploitation des chemins de fer partout où elle lui est confiée, et la fera encore plus mal en France.—Je dirais ce point incontestable, s'il n'avait été contesté dans votre dernière séance.

D'ardents partisans du rachat des chemins de fer repoussent énergiquement leur exploitation par l'État. — Le gouvernement lui-même a formellement décliné toute prétention à cet égard :

« Nous n'entendons pas, a-t-il dit à la tribune du Corps législatif, vous proposer de faire faire l'exploitation par l'État; c'est tout provisoirement, par mesure transitoire, pour ne pas laisser des services en souffrance, etc., etc... »

L'État exploitera mal nos chemins de fer; cela est acquis pour tout esprit impartial ; mais nos grandes Compagnies les exploitent-elles tout à fait bien? — le régime sous lequel elles se trouvent, leur a-t-il permis de faire

rendre au pays tous les services qu'il a droit d'attendre de son outillage de transport par voies ferrées?

La note collective qui vous a été lue au nom d'un groupe de nos Collègues, a répondu.. . . . . .

« . . . le public réclame *à bon droit* de nombreuses améliorations dans l'exploitation des chemins de fer. »

Absolument opposé à cette opération inutile et dangereuse du rachat brutal des concessions, et bien que pénétré de reconnaissance pour ces associations auxquelles nous avons dû nos premiers chemins de fer et qui sont devenues les grandes Compagnies, je dois avouer que je me figure difficilement les bien grands changements qui seraient apportés à l'exploitation des chemins de fer en France, s'ils étaient exploités par l'État.

Les hommes éminents qui personnifient aujourd'hui les grandes Compagnies, et tout le haut personnel de ces administrations, feraient-ils vraiment moins bien, feraient-ils même autrement s'ils agissaient pour le compte de l'État?

L'honorabilité si connue des directeurs de nos Compagnies et de leur entourage, permet d'affirmer que leurs soins, leurs efforts, leur capacité tout entière sont acquis d'avance à la fonction qu'ils acceptent, quelle que soit l'autorité dont ils relèvent.

Quant aux Conseils d'administration, leur action toute morale et financière, sera-t-elle modifiée parce que leurs membres seront nommés par le Ministre, au lieu de l'être par le vote inconscient d'une assemblée d'actionnaires?

On a dit encore que l'État ne pouvait pas se contrôler lui-même!

Tout en rendant l'hommage qui est dû personnellement à l'instruction et à la haute intelligence des Ingénieurs du Contrôle, il est permis de trouver que ce service est d'une utilité secondaire, et que, dans les conditions où il s'exerce, sa suppression ne serait nullement préjudiciable aux intérêts du public.

Le système des grandes Compagnies organisées par le Ministre des travaux publics et gérées par des directeurs fonctionnaires en congé, devait avoir beaucoup d'analogie avec une exploitation par l'État et il présente en effet beaucoup des inconvénients qui lui ont été reprochés.

La vie de ces opérations, si étendues, ramenée à Paris a laissé l'action locale sans initiative, et réduite, comme dans les fonctions du gouvernement, au seul ressort, faible en industrie, du devoir à accomplir. L'indifférence des agents pour le public, leur zèle souvent exagéré et maladroit pour les intérêts matériels de leurs Compagnies, ont amené un antagonisme bien anormal entre ces dernières et le public; le fournisseur est en hostilité permanente avec sa clientèle!

Il n'y a pas à chercher ailleurs la cause de l'accueil fait à la proposition de racheter les concessions; elle sera repoussée, il faut l'espérer, mais si des modifications profondes ne sont pas apportées aux dispositions actuelles, la proposition se renouvellera bientôt de plus en plus passionnée.

Cette analogie entre l'exploitation telle qu'elle est faite par les grandes Compagnies et celle qui serait faite par l'État, a permis de dire avec raison que l'opération se bornerait à une simple écriture, et elle a donné crédit à cette opinion que le rachat était dans les vues de l'homme qui pendant si longtemps a présidé en souverain aux destinées des Compagnies de chemins de fer; en effet, on peut dire que l'organisation qui fonctionne aujourd'hui est absolument son œuvre. Cette organisation bien plus administrative qu'industrielle ne pouvait pas donner satisfaction au commerce; il s'est élevé peu à peu des plaintes et l'on a pris à partie ceux qui bénéficieraient de cet état de choses; le débat s'est engagé entre le public, appuyé par le Parlement, et les Compagnies, que le Ministère ne pouvait pas abandonner.

On a dit alors que les grandes Compagnies, se renfermant dans les privilèges de leur monopole, refusent de donner satisfaction aux justes réclamations du commerce et de l'industrie; — qu'elles repoussent toute modification à leurs cahiers des charges, et surtout l'abaissement des tarifs dont elles abusent arbitrairement; — que l'importance des services, confiés aux directeurs, en ont fait des puissances qui peuvent lutter et luttent en effet avec le gouvernement, empêché ainsi de protéger l'intérêt public, dont il est chargé, etc., etc.

Les Compagnies, qui ont toujours apporté le plus grand empressement à se prêter aux combinaisons que l'État a désirées, préoccupées des charges que ces combinaisons leur ont imposées, sont représentées comme retranchées derrière l'intérêt de leurs actionnaires, et refusant toute discussion de leur droit de régler les tarifs.

Ne semble-t-il pas qu'il n'y ait là qu'un grand malentendu, et qu'il y a un autre moyen d'en sortir que par cette mesure extrême du rachat?

Il n'est pas vrai que l'État soit désarmé par le monopole accordé aux Compagnies; les cahiers des charges sont faits par l'Administration supérieure et laissent toujours au gouvernement des moyens nombreux d'obtenir les modifications qu'il reconnaît nécessaires à l'intérêt public.

Il n'est pas admissible que les Compagnies pensent que le gouvernement veuille leur imposer des sacrifices sans compensation.

La discussion a été mal engagée, la question mal posée; il y a peut-être des amours-propres froissés, des questions de personnes! Elles ne doivent pas laisser plus longtemps en souffrance les intérêts généraux d'un grand pays comme le nôtre; il faut en finir et poser la question dans ses vrais termes :

Le réseau des chemins de fer français, en exploitation, constitue un magnifique outillage de transport.

Cet outil ne rend pas tous les services qu'on est en droit de lui demander; il ne donne pas satisfaction aux populations pour lesquelles il a été établi.

Quelles sont les modifications à y apporter?

Quelles sont les indemnités dues aux intérêts lésés par ces modifications?

La question ainsi posée, les membres du Parlement qui ont pu être entraînés par des résistances provocantes, reconnaîtront certainement combien il serait dangereux de bouleverser par une mesure qui aura, quoi qu'on dise, l'apparence d'une confiscation, une institution qui s'élabore depuis un demi-siècle avec le concours des hommes les plus éminents.

Les Compagnies, qui connaissent mieux que personne la manière large et généreuse avec laquelle, en France, on évalue les indemnités dues aux intérêts privés lésés par l'intérêt général, ne voudront pas compromettre, par une résistance sans motifs, les intérêts considérables qu'elles représentent. Il ne s'agit, en définitive, que de compenser des pertes d'argent.

L'entente doit se faire et la solution devra être cherchée, en dehors de toute autre préoccupation, au seul point de vue de ce qu'il faut faire pour retirer tout l'effet utile dont est susceptible ce grand élément de prospérité nationale.

Ce ne sont pas des Commissions parlementaires ou administratives qui peuvent être chargées de cette étude; il y a là tout un travail technique, spécial à faire, avant de soumettre des décisions aux délibérations du Parlement, qui a pour mission de choisir entre les solutions proposées.

Les Chambres doivent demander, d'abord, un projet de réorganisation générale de l'exploitation de nos chemins de fer; mais non pas au Ministère des travaux publics qui, à aucun titre, n'a à connaître de l'exploitation des chemins de fer, mais au Ministère du commerce qui représente l'industrie.

Une première réunion d'industriels et de commerçants, avec des chefs d'exploitation éprouvés, ceux des grandes Compagnies qui sont tous dignes de cette mission, peut seule établir les besoins et indiquer les meilleurs moyens de les satisfaire.

Le Ministre de l'agriculture et du commerce désignera pour prendre part à la discussion des moyens proposés, des membres du Parlement et du conseil d'État, des chefs de service des ministères intéressés et des représentants des grandes Compagnies.

Une Commission ainsi constituée étudiant la question en dehors de toute préoccupation des situations acquises, au seul point de vue de la meilleure utilisation de notre outillage national de transport, doit trouver la solution convenable. — Le règlement des intérêts lésés sera ultérieurement confié à un jury; c'est un genre d'expertise pas plus difficile à régler qu'un autre.

Permettez-moi d'ajouter quelques considérations sur cette influence malheureuse que l'Administration supérieure a toujours exercée sur l'organisation de nos chemins de fer, et qui est la cause principale des difficultés actuelles.

J'entends borner mes observations à l'exploitation; car il serait présomptueux de prétendre remonter le courant, si malheureux, d'opinions

qui a entraîné les Chambres à augmenter encore la puissance de notre centralisation administrative, en autorisant l'exécution de 15,000 nouveaux kilomètres de chemins de fer par les agents de l'État; et cela sur un système d'emprunt permanent, de crédits illimités.

Ces nouvelles lignes, votées par des considérations toutes personnelles, ces chemins de fer électoraux, comme on les a appelés, s'étudient avec ardeur, se construisent avec une activité peu commune aux chantiers du gouvernement.

Nous aurons certainement à recueillir là de nouveaux arguments contre ce système suranné, si contraire au progrès, de l'exécution directe des travaux publics par le gouvernement.

Pour justifier ce débordement de lignes nouvelles, sans aucune utilité générale, on a répété que la prospérité d'un État se mesure à l'importance de ses chemins de fer, et que la France ne devait pas rester en arrière.

Ce n'est pas la longueur des rails qui mesure l'importance des chemins de fer, M. Level vous l'a dit en posant les préliminaires de cette discussion; c'est la bonne répartition du trafic sur les lignes. L'économie finale, en fait de transport par voie ferrée, n'est pas dans un raccourci de quelques kilomètres, qui divise en deux parties le trafic; plus on fait porter à une même ligne, plus on diminue le prix de revient de l'unité de transport.

C'est à cette influence de l'Administration sur l'organisation de nos chemins de fer, qu'il faut attribuer deux dispositions qui ont été bien contraires à la bonne utilisation de nos voies ferrées; l'unité de type et l'organisation en grands réseaux.

Après avoir permis à l'origine l'exécution des chemins de fer, même par des Ingénieurs étrangers, le Ministère des travaux publics, en a revendiqué la construction, et elle lui a été accordée par la loi de 1842.

Cette disposition a été modifiée depuis; mais seulement lorsque, par suite de diverses combinaisons qui ont amené la constitution des grandes Compagnies, tous les services de ces sociétés ont été placés dans les mains d'agents de l'Administration, auxquels il était accordé, à cet effet, les congés nécessaires.

Je tiens à protester hautement contre toute idée de critique des hommes si distingués qui ont été ainsi détachés des services de l'État pour prêter leur concours aux grandes Compagnies; beaucoup d'entre nous ont été à même d'apprécier combien ils sont dignes de l'estime et de la considération qu'on leur porte; je constate seulement les faits :

Il y a une vingtaine d'années, l'influence de l'Administration a fait écarter de l'industrie des chemins de fer un grand nombre des ingénieurs qui avaient participé à ces premiers travaux si nouveaux et si instructifs; qui avaient pris une part active aux conceptions audacieuses des initiateurs de nos chemins de fer; leur expérience eût certes été bien utile dans les mesures qu'il y a eu à prendre ultérieurement. Beaucoup de ces ingénieurs sont allés à l'étranger et y ont porté le fruit de cette forte éducation, d'autres

ont cherché à utiliser ces études spéciales en se faisant entrepreneurs de chemins de fer.

Ceux qui les ont remplacés, avec des capacités au moins égales, une instruction plus grande peut-être, n'avaient même pas, alors, les connaissances théoriques qui sont données aujourd'hui dans les écoles sur ce sujet. Pouvaient-ils faire autrement que de copier ce qui avait été fait avant eux?

Aussi lorsqu'après avoir satisfait aux besoins des grands courants commerciaux, il a fallu aborder le second réseau, avec de bien grandes préoccupations déjà sur le faible trafic qu'il pouvait donner, on n'a pas recherché si l'outil ne devait pas être modifié en raison du moindre travail qu'il aurait à faire. Le second réseau a été exécuté sur le type adopté pour le premier. Et aujourd'hui, c'est encore sur ce même type que s'étudient et s'exécutent les 15,000 kilomètres nouveaux de chemins de fer, dont le trafic est estimé devoir être encore bien plus faible.

L'unité de type s'est ainsi perpétuée, a fait loi, et, il y a à peine quelques années, un directeur de grande Compagnie me disait avec conviction : « Il n'y a pas de petit ou de grand chemin de fer, il y a le chemin de « fer. »

Aussi prépondérante dans la construction, l'unité de type devenait obligatoire dans l'exploitation, et il existe des lignes, insuffisantes à alimenter deux ou trois trains par jour, qui ont une organisation susceptible de décupler ce service, sans augmentation de personnel, ni d'emplacement.

La constitution en grandes Compagnies, qui facilitait l'action que l'Administration entendait exercer sur les chemins de fer, a conduit en outre, au système des grands réseaux, si contraire à l'appropriation du chemin de fer au trafic qu'il doit servir.

L'expression de réseau, vraie pour des routes qui se croisent et que la voiture peut prendre indifféremment, n'est pas juste pour des lignes de chemin de fer.

La ligne, en effet, n'est pas la suite des rails mis bout à bout, c'est le service qui se fait sur ces rails, c'est le train. — Les grandes Compagnies ont admirablement organisé les lignes desservant les grands courants; elles ne pouvaient pas bien organiser le service des embranchements à petits trafics pour lesquels l'action locale aurait été si utile.

Dans la réorganisation générale de l'exploitation de nos chemins de fer, étudiée comme nous le demandons au seul point de vue du meilleur usage à en tirer, il faudrait repousser en principe toute pensée d'unité de type et de réseau; les chemins de fer devront être classés par importance du trafic qu'ils desservent, non pas en lignes d'intérêt général et lignes d'intérêt local, mais simplement en lignes principales, lignes secondaires et affluents.

Les lignes principales sont indiquées d'avance; ce sont celles qui rayonnent de Paris, desservant les grands courants commerciaux; il y a lieu d'y ajouter des lignes transversales, à grands services aussi, telles que Bordeaux à Marseille, Nantes à Lyon, Bayonne à Belfort.

Les lignes secondaires sont celles qui font communiquer avec ces grands courants les localités importantes restées en dehors de leur parcours.

Enfin les affluents, les petites lignes locales compléteront ce système de rameaux par des communications à l'infini entre toutes les stations de ces lignes et les moindres communes.

Il y a là trois natures bien différentes de travail à faire, et il eût été rationnel de construire, sinon différemment, du moins en les proportionnant à chaque travail, les outils destinés à chaque catégorie; il faut du moins les exploiter rationnellement.

Chacun a son projet pour cette grande opération de la réforme de nos chemins de fer, et je ne voudrais pas abuser de vos moments en vous en exposant un; mais avec une classification ainsi faite, il est permis de concevoir la possibilité de donner aux actionnaires des grandes Compagnies la satisfaction, que leurs auteurs ont bien méritée, de participer aux avantages que permet d'espérer encore le développement constant des communications; car il suffirait pour cela d'attribuer à chacune d'elles une longueur de lignes principales dont la valeur correspondrait approximativement à celle de leur capital action, et de leur en confier l'exploitation avec des chances de gros bénéfices; ces capitaux ont créé les chemins de fer, ne l'oublions pas.

Qui mieux que ces sociétés toutes formées, si bien organisées, qui ont rendu de très grands services, a plus de titres à ces avantages? qui offrira plus de ressources pour assurer le développement de ces grands services dont elles ont déjà pris l'initiative?

L'exploitation des lignes secondaires après cela, se fera, avec ou sans le concours des Compagnies chargées des lignes principales, cela importe peu; les obligataires n'ont aucun intérêt dans les résultats à venir, leur sécurité reste la même que par le passé; on aura donc toute liberté d'action.

Quant aux lignes affluents, dont tant de lignes aujourd'hui dites d'intérêt général devront faire partie, il n'y aura qu'à charger les départements de leur meilleure utilisation; ils le feront mieux que le Ministère.

Je n'ai pas parlé des tarifs?

C'est que les tarifs, selon moi, doivent reprendre la position secondaire qu'ils auraient dû garder dans ce grand débat.

Votre Société a entendu à leur sujet les communications les plus intéressantes, et les chiffres produits réduisent cette question à sa juste valeur.

On vous a dit, et avec raison, que le prix de l'unité du transport n'avait pas d'influence sensible sur le prix auquel était vendu un objet, il intéresse donc peu le consommateur, et dès lors ne nuit pas sérieusement à la production. — Quant au producteur, il préférera certainement au léger bénéfice que lui procurerait un abaissement des tarifs, un régime général de transports par voies ferrées, qui augmenterait ses facilités de communication avec ses clients, lui assurerait la promptitude et l'exactitude dans la livraison de ses produits; en un mot, le chemin de fer mis à la disposi-

tion de l'industrie, quand aujourd'hui, il est possible de dire que c'est l'industrie qui est à la disposition des chemins de fer.

Je ne m'arrêterai pas à discuter l'unification des tarifs, cette formule absolument contraire au principe de la rémunération du service rendu.

Quant à la définition qui a été rappelée dans la dernière séance : « tout ce que peut payer la marchandise et rien que ce qu'elle peut payer, » parfaitement juste au fond elle ne peut pas être mise en pratique. — Qui sera chargé de dire ce que doit ou peut payer une marchandise? ce serait bientôt l'arbitraire.

Il faut réagir vigoureusement contre l'idée trop répandue chez nous, que le gouvernement doit assurer les moyens de communication aux frais de tous. Les barrières sur les routes étaient une gêne; on a fort bien fait de les enlever en prenant sur les fonds communs pour entretenir les chemins; mais le principe était si juste que l'on y revient involontairement en établissant les subventions industrielles, ces barrières morales. Aujourd'hui que les chemins de fer rendent si facile la perception des frais que coûtent les transports, il faut arriver à l'application du principe plus vrai, plus sain de la rémunération du service par ceux à qui il est rendu.

Je crois avec M. Lejeune que nos tarifs moyens devraient être plutôt relevés qu'abaissés, si on tenait compte de toutes les dépenses faites jusqu'à ce jour pour notre outillage de voies ferrées.

Mais, sans rechercher toutes ces dépenses passées, et faire un compte rigoureusement exact, on peut appliquer à la détermination des tarifs le moyen industriel de connaître la valeur des choses, le prix de revient.

La division par lignes permettra d'établir ces prix, et d'asseoir alors les tarifs sur cette base rationnelle.

En divisant les dépenses afférentes à chaque ligne par l'importance du trafic, qui doit intervenir dans le coût de l'unité de transport, comme l'a fait justement remarquer M. Marché, on aura cette base. Il n'y aura pas certainement un tarif pour chaque ligne, mais il peut y avoir un tarif pour chaque nature de ligne.

On obtiendrait alors, certainement, un abaissement sensible des tarifs sur les lignes principales, celles qui desservent les grands courants commerciaux; c'est-à-dire pour les longues distances à parcourir, au grand avantage du pays tout entier; c'est là qu'est le véritable intérêt général.

Il se produira probablement par contre une élévation de prix sur les lignes de faible trafic; mais c'est la loi normale du commerce, qui veut que le prix soit plus élevé quand il y a moins d'objets à traiter à la fois.

Sur les petites lignes, les affluents, même aux prix des transports par terre, un petit chemin de fer rendra de grands services aux populations traversées, en régularisant et multipliant leurs communications avec la station voisine.

Ainsi ramenée à un calcul mathématique, la question des tarifs s'évanouira, et on sera étonné qu'elle ait fait tant de bruit.

Il est bon, il est utile, Messieurs, de nous réunir, pour étudier, avec la plus sérieuse attention, ces grosses questions qui touchent si directement aux intérêts que nous représentons; mais ne devons-nous pas nous préoccuper plus que nous ne le faisons de l'influence que devrait exercer une opinion généralement approuvée dans nos réunions?

Des solutions graves se préparent, je pourrais dire se complotent, et leur gravité ne semble pas toucher ceux qui auront à les décider.

La facilité avec laquelle on a pris parti pour le rachat des concessions à la Chambre des députés, la tranquillité qu'on affecte dans les grandes Compagnies en face de cette extrémité désastreuse, permettent de craindre une de ces surprises, de ces résolutions inattendues que les gouvernements, aux époques de transition, n'hésitent pas à prendre dans l'intérêt de l'action politique du moment, même en les regrettant.

En présence de ce grand danger que court l'industrie de notre pays, la Société des ingénieurs civils doit sortir de ses habitudes de dignité et de réserve très honorables, je le reconnais, mais peu efficaces, et il y aurait lieu de demander à notre Comité une initiative que les circonstances justifient outre mesure et que notre honorable Président est, à plus d'un titre, en position de prendre.

Le Bureau de la Société devrait faire les démarches nécessaires auprès des grands pouvoirs de l'État pour que les opinions qui viennent d'être émises ici sur la question des travaux publics soient portées officiellement à la connaissance des autorités compétentes. Il peut obtenir ensuite que, jusqu'à ce que la question des chemins de fer soit résolue, notre Société soit toujours appelée à présenter ses observations devant toute Commission parlementaire ou administrative, à laquelle sera confiée l'étude d'une proposition relative à cette question.

M. LE PRÉSIDENT répond, comme il l'a déjà rappelé plusieurs fois, que la Société ne peut émettre d'avis officiel, et qu'ainsi le vœu formulé par M. Chabrier à titre de conclusion, ne peut recevoir de suite, par la raison que les statuts de la Société s'y opposent.

M. le Président demande si quelqu'un désire prendre la parole dans le sens du rachat.

M. THOMAS désire émettre une opinion personnelle; il ne veut pas aborder le côté technique de la question, mais il ne peut, comme industriel, renoncer à l'espoir d'un abaissement des tarifs, cet abaissement serait-il obtenu, comme on paraît le craindre, aux dépens de ce qu'on appelle *le contribuable*. A ce point de vue, son opinion est que l'État doit être maître des tarifs; les chemins de fer doivent être une industrie de l'État, et non une entreprise particulière, et, du reste, on peut remarquer qu'en France l'organisation des chemins de fer, même telle qu'elle est aujourd'hui, n'est nullement celle qui convient à une industrie, puisque, par exemple, il n'y a pas de concurrence.

M. Thomas voudrait donc que l'on n'ôte pas tout espoir d'améliorations dans les tarifs. De plus, il proteste contre ce qu'on a appelé l'*opinion de la*

Société, il estime que, d'une part, cette opinion a été exprimée par un trop petit nombre de personnes pour être considérée comme générale, et, que d'autre part, les membres de la Société ne se sont guère occupés de cette question qu'au point de vue technique, et nullement au point de vue commercial et politique qui sort un peu du cadre ordinaire de nos études scientifiques et de notre profession d'ingénieur, ce qui a pour conséquence de ne nous faire voir qu'un côté de la question.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que c'est précisément le côté technique qu'il convient à la Société d'étudier, dans le but d'indiquer la solution la plus économique au point de vue des transports.

M. ROY demande la parole pour présenter quelques chiffres comparatifs relativement à la question des tarifs.

En réponse au prétendu bon marché des tarifs anglais et pour faire justice des dires de M. Thomas et de ceux qui, comme lui, réclament à outrance l'abaissement des tarifs dans un intérêt privé qui n'a rien de commun avec l'intérêt général, voici des chiffres, quelques chiffres tirés du tarif de la grande ligne anglaise du North-Eastern, qui transporte à elle seule 500,000 tonnes ou 26 millions de tonnes de houille et de coke par an, ces renseignements ont été recueillis sur les lieux mêmes par M. Whermann, ingénieur allemand, chargé d'une mission pour étudier les chemins de fer anglais, et dont les observations principales ont été publiées dans la *Revue générale des chemins de fer* le mois d'août dernier.

DISTANCES EN KILOMÈTRES.	PRIX FERME PAR TONNE.	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE.
Par chargement d'au moins 4 tonnes.		
kil.	fr.	fr.
6	1.55	0.2583
10	1.55	0.155
24	2.75	0.1158
64	3.75	0.05859
70	5.30	0.0757
96	5.30	0.0589
Par trains complets de 20 à 25 wagons.		
kil.	fr.	fr.
5	0.90	0.18
16	1.30	0.0813
48	2.90	0.0604
80	4.45	0.0554
Pour l'exportation par trains complets de 20 à 25 wagons.		
kil.	fr.	fr.
Houilles 6	0.65	0.1083
19	1.45	0.0763
25	1.70	0.068
Cokes 6	1.00	0.1666
19	2.15	0.1132
25	2.55	0.102

Sur la ligne London and North-Western, les taxes non compris les frais fixes pour les stations de départ et d'arrivée sont les suivantes :

DÉSIGNATION DES CLASSES DE MARCHANDISES.	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE.	
	Jusqu'à 80 kilomètres.	Au delà de 80 kilomètres.
Classe 1.....	0.111	0,079
— 2.....	0.127	0.111
— 3.....	0.159	0.127
— 4.....	0.191	0.159
— 5.....	0.223	0.191

Il est bon de remarquer que la 1re classe anglaise correspond à la 5e classe française, c'est-à-dire à nos tarifs réduits qui descendent fréquemment à 0f,04 et même 0f,035.

Voilà des exemples qui en disent beaucoup plus que toutes les plaintes et les récriminations lancées constamment contre l'énormité des tarifs français, et avec lesquelles on est arrivé à égarer l'opinion publique.

M. Vauthier désire répondre un mot à M. Marché, qui a paru supposer qu'il était partisan du rachat, sans avoir d'idée arrêtée sur ce qu'il y aurait à faire ensuite; M. Marché sait bien qu'il n'en est pas ainsi, et que M. Vauthier a un système de toutes pièces comprenant un grand réseau national et des réseaux régionaux, tenant compte également de la classification et du mode de construction des lignes nouvelles et ouvrant un large horizon à l'initiative privée dont M. Vauthier est résolument partisan.

Il lui paraît essentiel que la Société examine la question à ce point de vue d'ensemble. Plusieurs membres ont bien présenté quelques idées détachées, mais dans l'état actuel des choses, on serait plus près de la vérité si l'on recherchait quelle serait la réorganisation générale à faire une fois le rachat opéré. M. Vauthier ne doute nullement de la compétence des membres de la Société et de la nécessité des considérations techniques, mais il y a des choses qui sont du ressort de ceux qui s'occupent spécialement des intérêts généraux du pays. La Société devrait donc, au lieu de discuter la question, en commençant par repousser le rachat sans l'examiner, l'admettre, au contraire, provisoirement, comme un *fait accompli*, et cette hypothèse étant faite, rechercher les meilleures conditions d'agencement des voies ferrées et de leur exploitation, le meilleur moyen de satisfaire à tous les désidérata, mettre en rapport le mieux possible les tarifs et les prix de revient, enfin donner satisfaction aux besoins du public en le sauvegardant contre ce qu'on appelle, avec un peu d'exagération sans doute, les *exactions* des grandes Compagnies.

C'est là, dit M. Vauthier, la seule marche rationnelle à suivre, car on n'enlèvera pas aux pouvoirs publics ce sentiment que les choses ne peuvent rester dans l'état actuel; il faut que l'État soit maître des tarifs : c'est une

solution qui s'impose, et par suite, c'est une hypothèse que la Société devrait faire pour servir de base à ses discussions.

M. Badois ne peut admettre l'hypothèse du rachat seul, telle que la présente M. Vauthier, puisqu'il a été prouvé que le rachat conduit fatalement à l'exploitation par l'État.

M. Level demande à présenter une observation : il ne s'oppose pas à ce qu'on examine le système proposé par M. Vauthier, mais à la condition qu'on examine parallèlement le système actuel, afin de voir s'il n'y aurait pas lieu de le *maintenir soigneusement*. Du reste, il demeure convaincu que le système qui consiste à remettre les tarifs entre les mains de l'État conduit droit à leur *instabilité*.

M. Thomas qui, tout à l'heure, réclamait cette solution comme devant procurer une amélioration, peut être certain que du jour où elle serait appliquée, les tarifs subiraient, au contraire, des modifications incessantes. Cela pourrait se démontrer, mais M. Level se contentera de rappeler ce qui se passe aujourd'hui à la Chambre relativement aux droits de douane; on les remanie sans cesse : on remaniera de même les tarifs des chemins de fer, au grand détriment des commerçants et des industriels, auxquels la fixité est indispensable pour leurs transactions.

D'ailleurs, qu'on examine le système français, et l'on verra qu'il a conduit à une *baisse continue* dans les tarifs; on ne pourrait pas citer de cas où ils aient été relevés. C'est certainement pour ne pas connaître les avantages du système actuel que l'on préconise celui de l'État; car on peut dire qu'aujourd'hui l'État est, de fait, presque *maître des tarifs*. En effet, les tarifs ne sont jamais mis en vigueur sans une *enquête* préalable et sans une *homologation* de la part du ministre, après avis de la *Commission spéciale* qui peut n'être pas favorable; de plus, l'*homologation* est toujours *provisoire*, de sorte qu'aujourd'hui le ministre pourrait décider que tous les tarifs spéciaux cesseront d'être appliqués à une date déterminée. Les Compagnies sentent si bien leur situation à cet égard, que quand à la tribune on a attaqué certains tarifs, dits de *pénétration*, elles ont écrit officiellement au ministre pour lui exprimer l'assurance qu'aucun de leurs tarifs ne pouvait se trouver dans le cas de faire échec aux droits de douane, mais que si contrairement à leur attente on pouvait établir le contraire sur certains points, elles étaient prêtes à les modifier. Cette déclaration qui a rendu le ministre *maître* des tarifs incriminés, est restée sans réponse, ce qui prouve que ces critiques n'étaient pas fondées.

M. Level ne veut pas voir la Société rester sous cette impression : que les tarifs une fois remis entre les mains de l'État, tout irait pour le mieux; au contraire, il répète que cette solution conduit infailliblement à l'instabilité des tarifs, et qu'avec le système actuel, ceux-ci ont, au contraire, toujours été en s'abaissant, tout en conservant une fixité relative.

Il y a donc lieu d'examiner avec soin le système actuel, et de voir si la meilleure solution ne consiste pas à le consolider, tout en l'améliorant. Ainsi, que les hommes d'État signalent aux Compagnies les plaintes du

public; celles-ci se hâteront de leur donner satisfaction dans la mesure du possible. C'est d'ailleurs ce qu'elles ont fait maintes fois, et ce que l'on ne veut pas reconnaître; l'État, au contraire, ne se hâte pas de venir en aide au public et aux Compagnies par les dégrèvements d'impôt; il suffit de signaler celui du timbre de 70 centimes, qui grève les transports à petite vitesse; un transport qui coûte 14 fr. paie 5 pour 100 d'impôt; celui qui coûte 7 fr. paie 10 pour 100; c'est réellement excessif. C'est là un point sur lequel il serait bon que la Société pût appeler l'attention du gouvernement aussi bien que sur l'impôt de 20 pour 100 qui grève tous les transports de grande vitesse.

M. LE PRÉSIDENT ne peut que répéter ce qu'il a déjà dit au sujet d'une discussion qui lui paraît épuisée à moins de revenir sur des arguments déjà ressassés, ou de traiter de systèmes d'exploitation dont l'expérience n'a pas été faite en France. Il demande à M. de Coëne, s'il désire répondre aux Membres, qui ont pris la parole au sujet de sa communication.

M. DE COENE croit devoir répondre aux nombreuses objections, que sa communication a soulevées, mais il pense que l'heure avancée ne lui permettra pas de le faire dans cette séance.

M. LE PRÉSIDENT désirerait cependant que la discussion ne se prolongeât pas dans la séance prochaine.

M. MAYER ne croit pas que l'on puisse clore immédiatement la discussion.

M. FOUQUET est d'avis que l'on doit dans une même séance, répondre aux arguments qui ont été présentés; sans cela, la lecture du procès-verbal ne peut donner qu'une idée incomplète de la discussion. Ainsi, M. Vauthier a dit que jamais on n'a prouvé que l'exploitation par l'État fût plus chère que celle par les Compagnies. Or, cela a été parfaitement établi, et en particulier, il rappelle un exemple cité dans le Mémoire collectif lu à la séance du 5 mars.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que l'on reproduit dans le procès-verbal, autant que possible, les objections et les réponses auxquelles donne lieu chaque communication. Pour connaître l'avis officieux de la majorité des Membres présents, il faudrait pouvoir consulter l'Assemblée.

M. CHABRIER répondant à l'observation qu'a faite précédemment M. le Président, n'est pas d'avis que la discussion languit; il s'aperçoit au contraire, que nos séances sont très suivies depuis quelque temps, et ne voit aucun inconvénient à laisser la question à l'ordre du jour tant qu'elle paraîtra intéresser.

M. MAYER dit, que si la Société ne peut voter sur une opinion, il est une chose sur laquelle le Président peut la consulter : c'est sur la question de savoir si la discussion doit continuer ou non.

M. LE PRÉSIDENT consulte l'Assemblée sur cette question.

L'Assemblée est d'avis que la discussion doit continuer.

MM. Barbier, Carrié, Deharme, Denayrouse, Douka, Dupont, Laroche-Joubert, Melon, de Salis, Sazerac, Viterbo, Vuillaume ont été reçus comme Membres sociétaires, MM. Robert Neher, Maiche, Montaigner comme Membres associés.

Séance du 21 Mai 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 mai est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Gandillot.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Pontzen sur le chemin de fer de l'Arlberg. Cette communication devant figurer *in extenso* dans le *Bulletin* de mai, il n'en sera donné qu'un résumé au procès-verbal.

M. PONTZEN donne en peu de mots des indications sur la position géographique du chemin de fer de l'Arlberg qui reliera le Tyrol au Vorarlberg et par là à la Suisse, qui, sur une longueur d'une dizaine de kilomètres, n'est séparée que par le Rhin du Vorarlberg.

Pour faire ressortir les avantages que présentera la ligne de l'Arlberg, il met en regard les distances à parcourir sur les diverses routes déjà ouvertes et celles devant être ouvertes, entre quelques centres de production et villes importantes d'Autriche-Hongrie d'une part, et Zurich et Paris d'autre part. M. Pontzen donne ensuite l'historique des études faites pour le chemin de l'Arlberg.

Après avoir mentionné pour mémoire le projet d'un chemin atmosphérique, qui toutefois aurait franchi les Alpes par le col de Zeynes, situé au sud de celui de l'Arlberg, et après avoir parlé des propositions faites au sujet de l'emploi du système de chemin de fer à crémaillère, M. Pontzen appuie sur le rôle important que la Société autrichienne des Ingénieurs civils a joué depuis 1870 dans la discussion des projets.

Les projets soumis à une enquête ouverte en 1872, ainsi que ceux soumis à une autre enquête, en 1879, sont ensuite sommairement décrits. Le tracé

qui a servi de base pour le projet de loi adopté par les Chambres est décrit avec plus de détails, et M. Pontzen donne quelques renseignements sur la lutte qui s'était engagée entre M. Nordling qui patronnait un tunnel plus élevé et ayant seulement 7,000 mètres de long, et bon nombre d'Ingénieurs qui plaidaient en faveur du tunnel inférieur de 10,270 mètres de long, qui finalement fut adopté.

Le tunnel de 7 kilomètres de long ne devait être qu'à voie unique, tandis que le tunnel de 10,270 mètres sera à double voie.

Il résultait de la solution préconisée par M. Nordling une économie de 15 millions environ sur le coût de construction.

Les dépenses pour le tunnel de 10,270 mètres sont estimées à.	40,540,000 fr.
Celles pour le reste de la ligne Innsbruck-Bludenz, dont la longueur totale sera de 136k,6..	48,460,000 fr.
Ensemble.	89,000,000 fr.

M. Pontzen, qui dès 1870 était partisan d'un tunnel d'environ 7,000 mètres, regrette, qu'en adoptant le tunnel plus long et construit à double voie, on ne soit pas allé plus loin dans la voie des libéralités, en imposant 25 millimètres comme maximum de rampe au lieu de 30 millimètres admis sur le versant Ouest du mont Arl.

M. Mallet désire donner quelques explications sur le projet de chemin de fer à crémaillère auquel a fait allusion M. Pontzen, projet étudié en 1871 par MM. Riggenbach et Zschokke et décrit dans un Mémoire imprimé remis à la même époque à la Société par M. Mallet.

Les auteurs proposaient de franchir la montagne de l'Arlberg au moyen d'un chemin de fer à rampes de 80 millièmes raccordé à ses deux extrémités par des sections à rampes-limites de 25 millièmes, suivant autant que possible la vallée.

Les sections de plaine devaient avoir ensemble 51,778 mètres et le chemin de montagne 15,633, soit en tout 67,411 mètres, tandis que le tracé par le chemin de fer ordinaire, d'après le projet de 1872, comportait une longueur totale de 63,877 mètres, dont 12,400 mètres en souterrain.

Le coût du chemin de fer ordinaire, d'après le même projet, devant être de 111,420,000 fr., le chemin à crémaillère n'aurait coûté que 72,227,000, soit une différence de 35 pour 100.

En outre, la construction du premier aurait exigé huit ans et demi et celle du second seulement trois ans.

M. Pontzen a indiqué que l'abondance des neiges sur l'Arlberg était un des arguments les plus sérieux contre l'établissement d'un chemin de fer par-dessus la montagne. Les auteurs du projet avaient prévu un prix de 675,000 francs par kilomètre pour les galeries en métal et en maçonnerie destinées à protéger la voie contre les neiges et les avalanches. Il est certain, disaient-ils, que si la voie du Rigi était protégée de cette manière, les trains pourraient aller régulièrement jusqu'au Kulm, c'est-à-dire à une hauteur de

1790 mètres comme à l'Arlberg, pendant les hivers les plus rigoureux. L'exploitation du chemin de Rorschach à Heiden dans une des régions de la Suisse où les neiges sont le plus abondantes, et poursuivie depuis six ans sans aucune interruption, même pendant l'hiver exceptionnel de 1879-80, est un fait décisif à l'appui de cette assertion.

Quant aux dépenses d'exploitation, pour un trafic de 450,000 tonnes par an, M. Riggenbach évaluait la dépense annuelle à 1,560,000 francs, soit une économie de 13 pour 100 environ par rapport au système ordinaire.

Il est nécessaire d'entrer ici dans quelques développements. On ne conteste pas généralement que l'emploi de fortes rampes réduisant de moitié ou des deux tiers la longueur d'un tracé et diminuant, par suite de cette réduction même, les chances de rencontre d'accidents de terrain nécessitant des travaux ou ouvrages d'art coûteux, ne soit de nature à amener une économie de prix d'établissement, mais on est moins disposé à admettre que le système à crémaillère se prête aussi bien à un trafic considérable et que les frais d'exploitation n'en soient pas plus élevés qu'avec le système ordinaire. Ce sont certainement ces suppositions qui ont le plus contribué à faire rejeter l'emploi de la crémaillère pour des applications où elle aurait pu, surtout dans des pays qui ne passent pas pour avoir trop d'argent à dépenser, permettre de réaliser des économies sérieuses dans l'établissement des chemins de fer.

Laissant de côté la question de l'Arlberg, M. Mallet désire présenter brièvement et d'une manière générale les considérations qui militent à son avis en faveur de la crémaillère, au point de vue des dépenses d'exploitation.

Dans ce but, il établira la comparaison entre les deux systèmes, en supposant :

1° Une rampe de 30 millièmes exploitée au moyen de machines à 8 roues couplées, du type le plus puissant, pesant 70 tonnes avec leur tender en ordre de service, coûtant 75,000 francs et remorquant sur cette inclinaison un train de 150 tonnes à raison de 15 kilomètres à l'heure.

2° Une rampe de 80 millièmes exploitée avec des machines à crémaillère pesant 28 tonnes en service, coûtant 50,000 francs et remorquant un train de 75 tonnes à la vitesse de 9 kilomètres à l'heure.

Si on tient compte de la vitesse, de la charge remorquée et du développement de la ligne à parcourir, on trouve que pour le transport d'une charge utile égale dans le même temps, les chiffres équivalents pour les deux systèmes sont :

	Machine ordinaire.	Machine à crémaillère.
En nombre.	1	1,25
En poids.	1	0,52
En argent.	1	0,83

Un calcul très simple fera voir également que le transport de la même charge dans le même temps sur les deux profils exigera, avec le système ordinaire, un travail mécanique de 1, et pour le système à crémaillère un travail de 0,77 seulement.

Pour aller au-devant d'une objection naturelle, M. Mallet indique que le frottement de l'engrenage avec la crémaillère est très faible et que d'ailleurs ce frottement est plus que compensé par la résistance de l'accouplement des quatre essieux de la machine ordinaire, surtout dans les courbes où, au contraire, la machine à crémaillère passe sans augmentation sensible de résistance.

Si on entre dans le détail des dépenses de traction, on trouvera une augmentation sur deux articles seulement, sur les dépenses de conduite qui seront proportionnelles au nombre de machines à crémaillère nécessaires pour remplacer une machine ordinaire, soit 1,25, et sur les dépenses de graissage ; mais, en revanche, il y aura diminution sur les dépenses de combustible proportionnelles au travail mécanique à effectuer, et surtout sur les dépenses d'entretien qui seront réduites du double fait de la diminution du parcours et de celle de la valeur matérielle de l'appareil moteur. Il en est de même des dépenses d'entretien des voitures et wagons qui seront réduites par suite de la diminution du parcours.

On est donc conduit à admettre, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans le détail des chiffres, que les dépenses de traction seront notablement réduites et qu'en tout cas elles ne seront pas plus grandes qu'avec le système actuel.

M. Mallet doit faire observer ici que l'entretien des pièces spéciales au système à crémaillère est beaucoup moins cher qu'on n'est porté à le supposer au premier abord.

Une expérience prolongée a démontré que l'engrenage principal peut résister à un parcours de 30,000 kilomètres ; si on considère que ce parcours est équivalent à $30{,}000 \times \frac{80}{25} = 96{,}000$ kilomètres en rampe de 25 millièmes, on voit que ce chiffre est un peu supérieur à la durée des bandages des machines à 8 roues couplées du Semmering et du Brenner, dont la durée moyenne est de 88,000 kilomètres.

Les engrenages de transmission ont un parcours de 50,000 kilomètres.

Quant à la crémaillère, l'usure constatée jusqu'ici permet d'affirmer que pour en user les dents d'un seul millimètre il faudrait le passage d'un million de trains. C'est bien en pratique une durée indéfinie, et en tout cas bien supérieure à celle des rails dans le système ordinaire, car il ne faut pas oublier qu'avec la traction par crémaillère les rails ne s'usent que peu ou pas du tout.

Les dépenses autres que celles de traction sont ou constantes pour un trafic donné ou proportionnelles à la longueur du tracé, elles seront donc moindres avec le système à crémaillère.

M. Mallet pense donc qu'on doit admettre que l'avantage de la ré-

duction des dépenses d'établissement et du temps nécessaire pour la construction amenée par l'adoption du système à crémaillère, reste entier et, loin d'être compensé par l'accroissement des dépenses d'exploitation, sera très probablement corroboré par une réduction sensible de ces dernières; il ne peut donc que voir avec peine une solution économique repoussée une fois de plus, et son introduction dans l'exploitation générale des chemins de fer ajournée encore par l'effet d'idées préconçues et d'objections pour ainsi dire toutes de sentiment.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a eu l'occasion, il y a quelques années, de s'occuper de la question d'exploitation du chemin de fer de l'Arlberg pour le compte de la Compagnie des chemins de fer du Sud de l'Autriche. On avait alors proposé un tracé supérieur, avec tunnel de 3 kilomètres environ, et des rampes de 50 millimètres que M. Talabot voulait réduire à 40 millimètres; le service devait être fait par des machines à simple adhérence à 12 roues couplées avec 2 trucks américains. Ce projet, comparé à celui à long tunnel, devait donner lieu à une grande économie de temps et d'argent pour la construction; avec les progrès réalisés aujourd'hui dans le matériel roulant, les rampes de 35, voire même de 40 millimètres, ne sont plus un obstacle pour des lignes qui ne seront jamais des artères principales.

M. DALLOT demande si la vitesse aurait été la même.

M. LE PRÉSIDENT répond que la durée totale du trajet reste sensiblement la même, et fait observer que la limitation de la vitesse est plutôt commandée à la descente qu'à la montée. L'application des freins continus permet de résoudre facilement un problème difficile il y a encore peu d'années.

M. PONTZEN appelle l'attention de ses Collègues sur quelques échantillons, qu'il a déposés devant eux, des roches que l'on doit rencontrer dans le percement du tunnel.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Pontzen de son intéressante communication.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la question des travaux publics.

M. LE PRÉSIDENT donne d'abord la parole à M. Courras pour répondre à M. de Coëne.

M. COURRAS fait la communication suivante:

La France possède, aujourd'hui, neuf réseaux de voie ferrée; six appartiennent aux grandes Compagnies, les trois autres sont exploités par la la Compagnie des Dombes, celle de Picardie et Flandres et par l'État.

M. de Coëne, croit nécessaire de créer un dixième réseau, et pour y arriver il demande le rachat par l'État de toutes les Compagnies existantes. Tel est l'objet de la communication qu'il a faite à la Société des Ingénieurs civils.

Il n'est pas seul, à chercher, par le même procédé, la réalisation de combinaisons analogues. L'un voudrait que l'État, ayant en main les grandes artères, le reste du réseau fût réparti entre un grand nombre de Sociétés régionales ou locales. L'autre demande que le réseau national soit divisé en onze grandes directions : cinq lignes rayonnantes et six lignes transversales. Un troisième émet l'idée de réunir toutes les lignes de fer en un seul réseau, pour en confier l'exploitation à une grande Compagnie fermière. Un quatrième voudrait que l'État, seul, administrât ce vaste domaine. Enfin un cinquième propose de laisser à l'État la direction de la partie commerciale et de confier la traction seulement à l'industrie privée.

Détruire l'œuvre de quarante années d'efforts persévérants pour adopter une des combinaisons proposées, serait compromettre les finances du pays dans une immense opération financière des plus hasardeuses, sans aucune assurance d'obtenir un résultat utile.

M. de Coëne présente l'opération du rachat comme étant d'une simplicité extrême. La situation des actionnaires serait conservée, dit-il. « Les titres des Compagnies en obtiendraient un surcroît de valeur. »

Notre Collègue me permettra de ne pas partager son avis sur ce point. La crainte du rachat a fait baisser le cours des actions ; et les titres de la Compagnie le plus directement attaquée n'ont pas profité, dans la même mesure que les autres, de la hausse générale des fonds publics.

La Bourse, qui renferme de bons juges en ces matières, ne partage donc pas l'optimisme de notre Collègue.

Les contrats ont été l'objet d'interprétations de nature à inspirer en effet des inquiétudes sérieuses aux porteurs de titres, puisque, si elles pouvaient prévaloir, la ruine complète des actionnaires de plusieurs Compagnies en serait la conséquence. Dans ces conditions, il faudrait s'attendre au contraire à des contestations et à des débats judiciaires interminables.

Le rachat doit être à plus juste titre, considéré comme une opération hérissée de difficultés administratives, financières, contentieuses, militaires et autres ; c'est une tentative ne pouvant se justifier que par la grandeur du résultat à atteindre. Le remaniement des réseaux proposé par M. de Coëne n'a certainement pas ce caractère !...

Il est vrai que ces projets de remaniement sont accompagnés de promesses séduisantes, mais nous savons tous ce qu'il faut en penser et nous croyons qu'il est préférable d'examiner les griefs articulés contre le régime actuel, pour bien apprécier dans quelles limites ils peuvent être fondés.

Les critiques de M. de Coëne portent sur l'exploitation. Elle périclite, dit-il, et il s'appuie, pour soutenir son affirmation, sur le travail de notre collègue, M. Marché, établissant que les frais généraux, par unité de trafic, les dépenses d'exploitation et les frais d'entretien de la voie, par kilomètre de train étaient, en 1878, plus élevés qu'en 1868.

Or, M. Marché n'a pas donné à sa communication le sens critique que M. de Coëne lui attribue. Il a constaté les fluctuations, en plus ou en

moins des divers chapitres des dépenses, mais son étude se termine par cette déclaration bien nette : « *La dépense, par unité de trafic, est restée sensiblement la même en* 1878 *et en* 1868. » Il a dit, lui-même, à M. de Coëne que si certains chapitres de dépenses ont augmenté, il ne faut pas l'attribuer à une gestion moins vigilante, car il sait que les impôts de toute nature qui ont frappé les Compagnies pendant cette période décennale : timbre des titres, droits de quittance, etc., expliquent l'augmentation des frais généraux. Il n'ignore pas davantage que, depuis sept ou huit ans, la substitution des rails d'acier aux rails de fer a augmenté, dans une large mesure, la dépense du service de la voie.

Ainsi, malgré l'augmentation des charges d'impôts, malgré la dépense que la transformation des voies leur a imposées, les Compagnies ont maintenu, sans changement, le prix de revient des transports. Voilà ce qu'a démontré M. Marché, c'est le contraire de ce que notre ami de Coëne a avancé.

Je vais vous montrer, dit encore notre Collègue, que, dans plusieurs pays d'Europe, les tarifs de transport sont plus faibles que chez nous, et il compare les tarifs moyens perçus en Belgique, en Angleterre et en France.

Nous écarterons le prix moyen attribué aux transports anglais : car nous ne devons admettre dans nos discussions que des chiffres défiant toutes contestations et repousser ceux qui n'ont aucun caractère de certitude, comme le prix moyen des transports en Angleterre qui ne figure ni dans les statistiques officielles ni dans les comptes rendus des Compagnies. Personne n'ignore, d'ailleurs, que les tarifs anglais sont notablement plus élevés que les nôtres; la démonstration n'est plus à faire.

Limitée à la France et à la Belgique, la comparaison que veut établir M. de Coëne repose sur des chiffres qu'il n'a peut-être pas suffisamment contrôlés.

La recette totale de petite vitesse du réseau de l'État belge divisée par le nombre total des tonnes transportées, fait ressortir le prix moyen du transport d'une tonne à 3f,44. M. de Coëne prend ce chiffre et cherche à en déduire la rétribution demandée pour le transport proprement dit, déduction faite des opérations diverses de chargement et de déchargement au départ et à l'arrivée, qu'il évalue à 1f,50.

En déduisant cette somme du prix payé par une tonne de marchandises, il resterait 1f,94 pour le transport proprement dit, et, comme la tonne fait un parcours moyen de 69 kilomètres, il en conclut que le prix du parcours par kilomètre ressort à 2,17 centimes.

Son calcul et sa démonstration reposent sur la valeur attribuée aux frais fixes qu'il suppose être de 1f50, pour chaque tonne transportée.

Voici ce qu'on trouve, à ce sujet, dans les comptes rendus officiels de l'État belge.

Les chemins de fer de l'État, ont, en 1878, transporté 15,581,516 tonnes

de grosses marchandises, pour lesquelles il a été perçu 53,713,840 francs soit 3f,44 par tonne.

Dans cette somme, les frais accessoires tels que chargement et déchargement, assurance, enregistrement, etc., représentent une recette de 2,129,119f,12, soit par tonne 0f,13, si ces comptes représentent les faits avec exactitude.

Les frais fixes sont de 0f,13 et les frais de transport de 3f,31 au lieu de 1f,94. M. de Coëne s'est trompé du simple au double.

Quand nous établissons que le prix réellement perçu, pour frais accessoires, ressort à 0f,13, nous ne voulons pas dire que le chargement et le déchargement d'une tonne de marchandise coûtent en Belgiqne 0f,13, mais que l'ensemble des perceptions de cette nature, réparti sur le tonnage total transporté n'impose à chaque tonne transportée qu'une charge de 0f,13 et non de 1f,50 comme l'indique M. de Coëne. Le peu d'importance du chiffre montre que les marchandises manutentionnées sont en petit nombre et que généralement, les marchandises sont amenées au chemin de fer chargées en wagons, ce qu'explique d'ailleurs la nature du trafic belge composé, en grande partie de houille et de marchandise de transit généralement chargées et déchargées par les expéditeurs et les destinataires.

Il est inutile d'en dire davantage sur ce point, pour faire ressortir l'erreur commise par M. de Coëne.

Le parallèle à établir entre l'exploitation belge et celle du réseau français doit être fait avec précaution, car la nature du trafic est essentiellement différente dans les deux pays. La comparaison s'établit mieux entre les chemins de l'État belge et les lignes de la Compagnie du Nord; ce sont deux réseaux qui ont beaucoup d'analogie : étendue peu différente, recettes comparables, même absence de rampes et gros transports de houille de part et d'autre. Quand on établit ainsi la comparaison, on constate que la Compagnie du Nord supporte les charges suivantes : impôt foncier, frais de timbres de ses titres, impôt de quittances, droits de licences et de patentes, frais de contrôle, etc., etc., représentant ensemble une dépense annuelle de 1,800,000 francs. Elle paie ses rails, pour l'entretien, et ses charbons pour la traction, 30 à 40 pour 100 de plus que l'autre réseau; et le surcroît de dépenses qui en résulte n'est pas inférieur à 3,500,000 francs. C'est un ensemble de charges de 5,300,000 francs augmentant ses dépenses de près de 10 pour 100.

D'un autre côté, les services gratuits et les réductions consenties par la Compagnie du Nord en faveur des transports administratifs (postes, militaires et marins, etc.), représentent, pour le Trésor, une économie de 8,200,000 francs. Les services analogues sur le réseau de l'État belge ne dépassent pas 2,700,000 francs.

Si on tient compte de ces différences, le prix moyen du transport de l'unité de trafic, d'une tonne de marchandise, par exemple, que M. Marché, dans un travail très consciencieux, faisait ressortir à 2,60 centimes, se

trouvera ramené à 2,30 centimes, soit 15 à 16 pour 100 au-dessous du prix belge qui est de 2,75 centimes.

Au point de vue financier les résultats ne sont pas moins intéressants; la Compagnie du Nord paie l'intégralité de l'intérêt de ses emprunts, et sert à ses actionnaires un dividende déterminé. Si vous lisiez le dernier discours du Ministre des finances belges, vous y verriez que le produit net de l'exploitation laisse en moyenne, depuis sept ans, un déficit annuel de 5,00 0,000 fr., c'est-à-dire que l'intérêt du capital n'est pas couvert, à 5 millions près, par le produit net, et, cependant, cet intérêt est lui-même, par des raisons inutiles à développer ici, fixé à 4 pour 100, bien que le Ministre déclare que les capitaux ont coûté de 4 1/2 à 5 pour 100. Il en résulte que le déficit apparent de 5 millions peut être doublé sans dépasser les limites de la vérité.

L'industriel belge qui paie des taxes faibles peut y trouver son compte, mais le contribuable n'est-il pas autorisé à se plaindre d'une gestion faisant peser sur lui une charge que ceux-là seuls qui font usage des chemins de fer devraient supporter.

Les chemins de l'État belge, pour payer l'intérêt et l'amortissement de leur capital, devraient donc augmenter leur taxe de 10 pour 100. Ces taxes seraient alors aussi élevées que celles de la Compagnie du Nord, mais les dépenses d'exploitation de la Compagnie du Nord resteraient, toutes conditions égales d'ailleurs, inférieures de 15 pour 100 à celles du réseau belge.

Cette comparaison faite ainsi en tenant compte de toutes les circonstances, est à l'avantage du système français et vient justifier l'éloge qu'en faisait, à la tribune, il y a quelques années, un ministre belge.

Continuant ses critiques, M. de Coëne expose que : « les gares en France sont de trop grandes dimensions; les moyens mécaniques n'y sont pas assez répandus, le temps de séjour des marchandises, soit dans les gares, soit dans les wagons est trop prolongé, il pourrait être réduit à huit heures, comme en Belgique; on devrait faire d'office le camionnage à domicile. » A cela, nous répondrons qu'on ne saurait faire un grief aux Compagnies de l'obligation que l'Administration leur impose et qui correspond pour elles à une perte annuelle de 10 à 12,000,000. Aussi longtemps que les Compagnies seront tenues de conserver la marchandise en gare, et de laisser au destinataire la faculté de faire à son gré le camionnage, les gares devront s'étendre au lieu de se restreindre, l'effectif du matériel roulant croîtra au lieu de se réduire et l'usage des moyens mécaniques restera très restreint. La critique de M. de Coëne retombe donc tout entière sur l'Administration supérieure à laquelle cependant il voudrait, par le rachat, confier l'exploitation.

M. de Coëne compare ensuite l'exploitation anglaise et la nôtre. La concurrence, en Angleterre, n'a pas eu pour conséquence, dit-il, le bon marché des transports, mais elle a amené la délivrance des billets d'aller et retour, l'admission des trois classes dans les express et une grande vitesse de ces trains. Sur le premier point, il est inutile de dire que toutes les Compagnies en France délivrent depuis longtemps déjà des billets d'aller

et retour; cette mesure est sans doute moins étendue qu'en Angleterre, mais elle tend à prendre en France un développement qui serait singulièrement accru si l'État de son côté réduisait l'impôt qui pèse sur les transports des voyageurs. Vous savez, Messieurs, que sur une perception faite par les Compagnies de 123 francs l'État encaisse 23 francs et ne laisse aux Compagnies que 100 francs; il prélève ainsi plus de 78 millions par an.

Il faut dire encore que les Compagnies françaises délivrent des billets à prix très réduit aux instituteurs, aux indigents et à toutes les Sociétés qui secourent les malades ou qui se livrent à l'enseignement gratuit de l'enfance. Il ne faut pas l'oublier lorsqu'on critique leurs taxes.

Est-il complètement exact de dire, comme l'avance M. de Coëne, que les troisièmes classes soient admises en Angleterre dans tous les trains? La Compagnie du Chatam-Dover (pour citer les chemins les plus fréquentés), n'admet pas les voyageurs de troisième classe dans les express entre Douvres et Londres. Elle n'y reçoit que ceux des premières et des deuxièmes classes en leur réclamant une surtaxe de 20 pour 100 sur les prix ordinaires. Il en est de même de la Compagnie du South-Eastern et du London-Brighton.

Ajoutons d'ailleurs, que la taxe de la troisième classe, en Angleterre, est généralement de 10 pour 100 supérieure à la taxe (impôt déduit) perçue sur nos lignes françaises, que ces voitures qui, en France, sont chauffées gratuitement ne le sont pas en Angleterre, et que tout voyageur qui veut se procurer une chaufferette paie un supplément de taxe important.

Les Compagnies anglaises qui ont entrepris cette expérience, depuis peu de temps, d'ailleurs, ont sur nos Compagnies un avantage immense, dont il faut tenir compte, c'est que si les résultats d'un essai ne répondent pas à leur attente, si au lieu d'en obtenir un profit, elles constatent un déficit, l'expérimentation cesse immédiatement; elles se rectifient du jour au lendemain, et reprennent les concessions qu'elles avaient faites. En France au contraire, les Compagnies doivent recourir à l'autorisation ministérielle, et on sait, à n'en pouvoir douter, que si elle est toujours accordée dans le sens d'une satisfaction à donner au public, elle est rigoureusement refusée pour le retrait de ces mêmes avantages.

Ce défaut de liberté, cette tutelle, rendent inévitablement les Compagnies françaises plus prudentes. Cependant tout le monde sait que les troisièmes classes sont admises en France dans un certain nombre de trains express, notamment de Paris à Toulouse. Cette mesure s'étendra, nous ne disons pas si les Compagnies y trouvent profit, mais si elle n'amène pas un déficit trop considérable par un surcroît de charge imposée à ces trains déjà très lourds.

Quant à la vitesse des trains, nous citerons en France des trains qui marchent, sur plusieurs parties de leurs parcours, à raison de 90 à 100 kilomètres à l'heure; la vitesse moyenne de marche de ces trains est réglée à 70 kilomètres; quant à leur vitesse effective, elle dépend du nombre de stationnements. Nous ne croyons pas que la marche soit beaucoup plus accé-

lérée en Angleterre. Ainsi, de Paris à Bordeaux, pour franchir 578 kilomètres, on met 9h,7', soit une vitesse de 64 kilomètres à l'heure, arrêts compris. C'est la vitesse effective de l'express de Londres à Édimbourg, partant de la station d'Euston à 10 heures pour arriver à 8 heures du soir, après avoir franchi 401 milles. La critique de M. de Coëne sur ce point est donc excessive.

Notre Collègue n'est pas plus heureux lorsqu'il représente les divers réseaux français comme formant des provinces distinctes séparées par une ligne de douane mettant obstacle à la libre circulation des voyageurs et de la marchandise. En Angleterre et en France la règle est la même. De l'un et de l'autre côté du détroit chaque fois qu'il existe un courant de voyageurs, on délivre des billets directs d'une station importante à toutes les autres stations importantes des réseaux étrangers. Entre Compagnies cette règle est formulée de la manière suivante, nous en reproduisons les termes relevés dans un traité passé entre deux Compagnies voisines. « Les deux administrations délivreront des billets directs de voyageurs entre toutes les gares situées à moins de 50 kilomètres d'une gare commune et entre toutes les gares importantes plus éloignées. »

L'assertion de M. de Coëne touchant le transport des marchandises n'est pas plus fondée : En vertu des règles appliquées, les transports de plus de 110 marchandises dénommées, s'effectuent obligatoirement, sans transbordement, quels que soient les points de départ et d'arrivée.

Les Compagnies se sont en outre réservé le droit, soit de décharger, soit de faire continuer, sans transbordement, les marchandises qui leur sont remises par une Compagnie voisine, quelles que soient la nature et l'importance du chargement. Mais ce sont des détails d'intérieur, et le public n'a pas à en souffrir. Toutes les gares d'un réseau expédient la marchandise qu'elles reçoivent pour toutes les gares des réseaux étrangers, comme si l'exploitation de toutes les lignes était entre les mêmes mains. C'est absolument le contraire de ce que M. de Coëne a avancé.

La direction du trafic est également l'objet des critiques de notre Collègue. La marchandise, dit-il, n'est pas toujours dirigée par la voie la plus courte. Nous le reconnaissons, mais le public n'a pas à s'en préoccuper si pour lui la voie la plus longue est encore la plus rapide et la plus économique. Ce n'est donc pas l'intérêt du public qui inspire cette critique. On dit, quelquefois, que le Trésor paye les frais de cette guerre de détournement ; cette affirmation est inexacte *pour les Compagnies qui ne font pas appel à la garantie d'intérêt*, c'est-à-dire pour la moitié environ, en étendue et en recettes, du réseau français [1]. Elle n'est pas plus vraie pour les autres. C'est évident, *à priori*, lorsque la Compagnie qui dessert l'itinéraire le plus long jouit de la garantie de l'État, tandis que l'autre n'y participe pas, car il est évident que si la *Compagnie garantie* perd son trafic, le bénéfice qu'elle en tirait est aussi bien perdu pour elle que pour le Trésor. Aussi

1. Le Nord et le Lyon, dont la recette dépasse 415 millions.

longtemps qu'elle réalise un bénéfice l'intérêt du Trésor exige donc que le trafic soit conservé à cette Compagnie, encore bien qu'elle présente l'itinéraire le plus long.

Veut-on considérer maintenant deux lignes également garanties? Si la ligne la plus longue exploite son trafic, à raison de 40 pour 100 tandis que l'autre dépense 80 pour 100, il est évident qu'aussi longtemps que la distance à parcourir ne sera pas, sur la première, double du parcours à effectuer sur l'autre, la première quoique la plus longue, réalisera un bénéfice plus élevé que la seconde, pour un même prix perçu, et devra encore conserver le trafic. C'est indiscutable pour tous les exemples faisant l'objet des critiques auxquelles nous répondons, car il s'agit toujours d'un trafic peu important qui, en passant d'une ligne à l'autre, ne serait pas de nature à modifier sensiblement les coefficients d'exploitation.

Dans les limites de leurs propres réseaux, les Compagnies ne font pas suivre la direction la plus courte, elles recherchent avant tout la direction la plus économique et la plus rapide. L'État substitué aux Compagnies ne procéderait certainement pas autrement.

L'application de cette règle, aurait, dans certains cas, des conséquences singulières qu'il est utile de signaler.

De Londres à Liverpool, par exemple : cinq Compagnies desservent le trafic; la longueur des itinéraires varie de 323 à 434 kil.; les Compagnies prennent le même prix de bout en bout; si le trafic devait appartenir à la ligne la plus courte, faudrait-il, pour obéir à la règle nouvelle, ruiner les quatre autres? Si cette règle possède quelque valeur, de quel droit rechercherions-nous, pour nos ports, le transit sur l'Allemagne du Sud, la Suisse et l'Italie? Il faut l'abandonner à Anvers, sans contestation, c'est la voie la plus courte. Par la même raison, Marseille doit céder le pas à Gênes et à Trieste pour le trafic en destination de la Suisse, de la Belgique et de l'Angleterre, et la France doit renoncer au transport de la malle des Indes.

Ce sont cependant les mêmes hommes qui tour à tour demandent et combattent l'application de cette règle. Ce n'est pas, vous le savez, la seule contradiction à relever.

Quel est donc le mobile des défenseurs de cette formule qui aurait pour conséquence la dépossession, l'expropriation des lignes plus longues au profit des lignes plus courtes? ce n'est ni l'intérêt du public, ni celui du Trésor. Est-ce un sentiment de bienveillance particulière pour certaines entreprises, et d'hostilité contre d'autres? nous n'avons pas alors à l'examiner ici. Dans ces questions de concurrence et de compétition, il n'y a pas, il faut le reconnaître, de formule à adopter, et on doit dire que, si le public est satisfait, le débat reste entre la batellerie, les lignes anciennes et les lignes nouvelles, c'est-à-dire entre des intérêts privés, dont il ne faut pas plus se préoccuper que de ce qui se passe dans les luttes quotidiennes des établissements industriels rivaux.

Nous venons de voir M. de Coëne s'élever contre l'abaissement des tarifs consenti par une Compagnie pour conserver le trafic que des entreprises

nouvelles veulent lui enlever, mais par une contradiction singulière, il dit quelques lignes plus loin, que les Compagnies n'ont aucun intérêt à réduire les taxes; que leur devoir, envers leurs actionnaires, leur impose l'obligation de transporter au plus haut prix le moins possible de voyageurs et de marchandises. Il croit trouver la confirmation de son appréciation dans cette déclaration d'un homme qui a passé sa vie entière dans l'exploitation des chemins de fer. « Il faut demander à la marchandise tout ce qu'elle peut payer. » Cette formule est simple, rude de forme peut-être, mais elle est vraie et ressort clairement de toutes les transactions commerciales. On pourrait la présenter sous une autre forme et dire, par exemple : « Il faut se garder de demander à la marchandise plus qu'elle ne peut payer. » Ou encore : « Il faut abaisser la taxe aussi bas qu'il est nécessaire de le faire, pour que la marchandise puisse circuler facilement. » Toutes ces formules, quelle qu'en soit la rédaction, sont équivalentes et se résument à dire : que le prix est bien calculé lorsque l'expéditeur trouve son avantage à le payer.

Descendre au-dessous, c'est sacrifier l'industrie des chemins de fer au profit d'un petit nombre de négociants et d'industriels; se tenir au-dessus, c'est restreindre le trafic, source des profits des Compagnies.

Ces développements sont d'ailleurs inutiles pour montrer combien est erronée l'appréciation de M. de Coëne. Si les Compagnies avaient intérêt, comme il le prétend, à transporter peu et à prix élevé, elles auraient, depuis longtemps, un moyen bien simple d'obtenir ce résultat en appliquant le maximum des taxes que le cahier des charges les autorise à percevoir.

A l'origine des chemins de fer et jusqu'en 1857, les Compagnies pouvaient généralement percevoir les tarifs suivants pour les marchandises :

1re classe.	0f,20
2e —	0 18
3e —	0 16

En 1857 ces taxes ont été réduites de la façon suivante :

1re classe.	0f,16
2e —	0 14
3e —	0 10

A partir de 1863, certaines marchandises comme la houille, les minerais, les chaux, les plâtres et engrais, compris précédemment dans la 3e classe, ont été inscrits dans une classe nouvelle pour laquelle on ne pouvait percevoir que 8 centimes de 0 à 100 kilomètres.

5 — de 101 à 300 kilomètres.

4 — pour les parcours au delà.

Le prix moyen perçu par les Compagnies ne dépasse pas 6 centimes.

Vous le voyez, Messieurs, les mesures prises par les Compagnies ont toujours été dans le sens de l'abaissement des taxes et en harmonie avec l'intérêt de la production nationale. On admettra bien que, si les Compagnies

ont consenti ces abaissements, ce n'est pas par philanthropie, mais par un sentiment bien entendu de leurs intérêts. Les pousser à abaisser les taxes, ce n'est pas les faire entrer dans une voie nouvelle. Elles n'ont pas fait autre chose depuis l'origine. Les faits le démontrent jusqu'à l'évidence. Mais elles ne sauraient agir ainsi sans y apporter la mesure utile et le discernement indispensable.

Faut-il, par exemple, réduire le prix de transport de la soie, qui vaut 80,000 fr. la tonne et qui, pour un parcours moyen de 500 kil. payera 80 fr.? Est-ce la taxe de la draperie fine coûtant 40,000, ou même des lainages coûtant 12,000 fr. la tonne qui payent pour venir du lieu de production au lieu d'emploi 50 à 60 francs?

Quel que soit le montant de la réduction consentie, dans des cas semblables, lors même que le transport serait fait gratuitement, le prix de vente des vêtements que ces matières servent à confectionner n'en serait pas réduit d'un centime, d'où il faut conclure que tout le profit de la réduction serait acquis aux industriels ou aux intermédiaires, sans avantage pour le consommateur.

Doit-on réduire le tarif des vins? Une tonne de vin de Bordeaux coûte, en moyenne, 350 fr. Pour venir à Paris, elle paye 37 fr., mais cette même tonne de vin paye 192 fr. de droit d'octroi!

Si on trouve le prix de revient du vin trop élevé, ne semble-t-il pas équitable de demander d'abord la réduction du prix à l'octroi avant de s'attaquer au chemin de fer?

Ce qui vient d'être dit du vin est applicable à la bière, aux huiles, aux poissons, aux viandes, à la houille, au charbon de bois, etc., qui entrent à Paris.

D'après ce qui précède, il est démontré que, dans un très grand nombre de cas, le prix du transport entre pour une part extrêmement faible dans la valeur de la marchandise, et qu'une réduction des tarifs serait sans influence sur le prix de vente, c'est-à-dire sans avantage pour le consommateur. Nous ne prétendons pas qu'il en soit ainsi pour toutes les marchandises, mais cette observation était nécessaire pour faire comprendre que, en matière de réduction de tarifs, il est indispensable, pour juger sainement la question, de sortir des généralités, de bien spécifier la classe de marchandises à laquelle on entend l'appliquer, de ne traiter, en un mot, que des *espèces* bien déterminées.

Il y a quelques mois, un orateur très distingué et très sympathique a parlé d'une classe de marchandises sur laquelle il a appelé l'attention de son auditoire. Ce n'était pas, il est vrai, pour réclamer au profit de ces marchandises, un abaissement, mais bien un relèvement du prix de transport. Il s'agissait de marchandises étrangères introduites en France et pénétrant dans l'intérieur du pays, où elles viendraient, à la faveur de taxes réduites, faire concurrence aux produits similaires français. L'attaque était formelle, les Compagnies étaient accusées de manquer de patriotisme... La réponse

des Compagnies a été péremptoire, et elle a même eu l'avantage singulier d'avoir devancé l'attaque :

« *S'il est un tarif qui ait pour conséquence d'accorder à la marchan-*
« *dise étrangère un avantage qu'elle ne trouve pas déjà sur d'autres*
« *voies de transport et qui soit ainsi, du fait des Compagnies de chemins de*
« *fer, de nature à faire échec aux lois de douanes, nous sommes à la disposi-*
« *tion de l'Administration pour le modifier.* » Voilà le langage tenu par les Compagnies; cette déclaration date du mois de décembre dernier, et cependant aucune des taxes incriminées n'a été rectifiée. Permettez-nous d'en conclure, dès lors, que l'accusation n'était pas fondée, et que l'Administration supérieure l'a jugé ainsi.

Ce qui précède fournirait, s'il en était besoin, une nouvelle preuve de la facilité avec laquelle les hommes les plus consciencieux peuvent s'égarer en traitant de pareils sujets.

Après avoir exposé les critiques auxquelles nous avons cru devoir répondre, M. de Coëne, rappelant que le soin de leurs intérêts est la préoccupation constante des administrations de chemins de fer, ajoute que l'État ne demanderait pas à la marchandise tout ce qu'elle peut payer, mais seulement le remboursement des frais d'exploitation et l'intérêt du capital engagé. C'est, pour lui, la considération capitale, celle qui lui paraît justifier le rachat des Compagnies par l'État.

Que vaut cet argument?

En 1857, le capital engagé dans le réseau exploité, s'élevait à 2 milliards 600 millions de francs, et le produit net était de 180,000,000 de francs environ. Le capital obtenait donc à cette époque un revenu moyen de 7 pour 100.

Mais cet état de choses n'a pas duré. Si nous considérons seulement la situation des Compagnies faisant appel à la garantie de l'État, telles que : Orléans, Ouest, Est et Midi, nous trouvons, d'après les documents officiels, que le capital engagé par ces Compagnies s'élève à 4,065,000,000 de francs, et que le produit net ne dépasse pas 206,312,000 francs. Le capital ne reçoit plus aujourd'hui qu'un intérêt moyen de 5,07 pour 100.

Si l'État reprenait ces lignes, comment ferait-il pour réduire les taxes qu'elles appliquent? Le taux d'intérêt est déjà très faible, il est en outre irréductible, les frais d'exploitation ne seraient assurément pas moindres pour l'État que pour les Compagnies. On ne voit donc pas ce que le commerce et l'industrie pourraient gagner à la substitution, surtout si l'on admet ce que personne aujourd'hui ne conteste en Europe, que le produit des tarifs doit couvrir les frais d'exploitation et l'intérêt du capital engagé. Notre Collègue, il est vrai, ne s'arrête pas au présent, il envisage l'avenir. Il rappelle que les recettes vont chaque année croissant et que l'augmentation des revenus annuels pourrait être affectée ultérieurement à des réductions de tarifs; il laisse entrevoir que, dans dix ans, les taxes pourraient

être ainsi réduites de 190 millions, tandis que si les Compagnies sont encore en possession de leur domaine, ces bénéfices reviendront aux actionnaires.

M. de Coëne semble ignorer qu'il a été fait, par avance, emploi de ces plus-values de l'avenir. Pendant longtemps, les recettes ont été insuffisantes pour couvrir les frais d'exploitation et l'intérêt des capitaux engagés dans la construction des lignes du nouveau réseau ; elles le sont encore actuellement. Les insuffisances accumulées, couvertes par la garantie de l'État, devront être remboursées plus tard et précisément à l'aide des plus-values dont il s'agit; les Compagnies ne les utiliseront donc pas pour l'augmentation du revenu de leurs titres. — Elles n'entretiennent pas, comme M. de Coëne, l'espoir chimérique de voir leurs dividendes, dont l'importance est de 150 millions environ, s'accroître de 190 millions, dans dix ans. — Sans doute ces plus-values apporteront ultérieurement aux budgets de l'État une ressource précieuse; mais, hâtons-nous de le dire, elles auront pour contre-partie les charges considérables que l'extension du réseau ferré doit faire peser sur le budget des dépenses, et ce n'est pas de longtemps que les recettes feront face aux charges du réseau agrandi.

Nous serons longtemps encore, il faut savoir le reconnaître, dans la situation de la Belgique qui, ainsi que le disait récemment le Ministre des finances, doit songer à combler le déficit de ses chemins de fer par des impôts nouveaux ou par une augmentation des tarifs.

Voilà ce qu'il faut proclamer hautement, car c'est la vérité démontrée à l'aide de chiffres indiscutables, et ne pas entretenir, dans le public, des illusions dangereuses, en parlant de réduction de taxes que l'état de nos finances et les projets en cours, si nécessaires au développement de la prospérité du pays, ne permettent pas de consentir.

« Loin de recourir à l'État, » disons-nous avec M. Marché, « il faut laisser l'équilibre s'établir entre les recettes des chemins de fer et leurs « charges, rendre uniforme la classification des marchandises, tendre également à l'uniformité des tarifs généraux, pour faciliter les opérations du « petit commerce; mais pour les transports industriels, soumis à l'application des tarifs spéciaux, laisser Compagnies et public s'entendre librement, suivant la loi qui préside à toutes les transactions commerciales, « sous les yeux d'une administration supérieure vigilante et tutélaire de « tous les intérêts. » Cette direction vaut mieux, vous le penserez comme nous, que les combinaisons consistant à faire table rase de ce que le temps a fondé, pour entrer à pleines voiles dans l'inconnu, sous la conduite de trop hardis novateurs.

La parole est à M. Roy qui s'exprime ainsi :

Notre collègue M. Courras, vient de répondre d'une manière si précise à la plupart des assertions de M. de Coëne, en exposant des considérations et des motifs tout à fait analogues à la plupart de ceux que je voulais employer, que j'éviterai, pour ne pas fatiguer l'attention de la Société, de les reproduire; je me bornerai à quelques observations spéciales, et à l'appui

du dire de M. Courras, j'exposerai quelques observations principales, extraites de l'ouvrage de M. Whermann, ingénieur, conseiller et membre de la direction du chemin de fer à Elberfeld, chargé d'une mission par le gouvernement allemand pour étudier le trafic et la tarification des chemins de fer anglais, ces renseignements émanant d'une autorité compétente, étrangère à nos Compagnies de chemins de fer français, ne peuvent que donner une grande autorité au travail si consciencieux de notre collègue, M. Courras.

M. de Coëne a dit : « les tarifs dépendent surtout de l'importance du « trafic, de la nature de ce trafic; le tracé de la ligne exerce très peu d'im- « portance. »

Vous reconnaîtrez avec moi, Messieurs, que c'est là une singulière assertion de la part d'un ingénieur qui a la pratique des chemins de fer, on pourrait même dire que c'est une hérésie des principes les plus élémentaires de mécanique et dont les importantes communications faites à notre Société, par notre honorable Président, ont fait bonne justice, en démontrant l'accroissement considérable des dépenses, résultant du faible rayon des courbes et des fortes rampes sur les chemins de fer, et par suite du prix de revient des transports. De cette augmentation résulte la nécessité d'une augmentation proportionnelle des tarifs.

D'autre part, M. l'Ingénieur en chef des ponts et chaussées, Menche de Loisne, a démontré, en s'appuyant sur des faits sanctionnés par la pratique de l'exploitation du chemin de fer du Nord, dans un mémoire très remarquable, publié dans les *Annales des ponts et chaussées* : que le chemin le plus économique pour les transports, n'était pas toujours le chemin le plus court, qu'il fallait tenir compte des déclivités des chemins. A cet effet, en se basant sur des faits pratiques, il a déterminé l'équivalence du parcours effectif d'un kilomètre sur lignes à rampes diverses, par rapport aux grandes lignes en quasi-palier (rampes maximum de 1 à 5 millimètres) et a fixé les rapports ci-après :

Rampes de.	$0^{m},009$	$0^{m},011$	$0^{m},015$	$0^{m},020$	$0^{m},025$
Parcours relatif. . .	$1^{km},14$	$1^{km},21$	$1^{km},45$	$2^{km},31$	$2^{km},48$

Voilà donc des preuves certaines de l'inexactitude de l'assertion de notre collègue, M. de Coëne, relativement au peu d'importance qu'il attache au tracé, erreur fâcheuse partagée par le public, ignorant de ces questions techniques, et dont il est important de le faire revenir; attendu que c'est en profitant de son ignorance à ce sujet, que les prôneurs de la plus courte distance l'ont conduit à crier au détournement du trafic et à l'augmentation illégale des prix de transports, alors qu'il n'y avait pas lieu.

M. de Coëne accuse les chemins de fer français de ne rien faire pour activer le mouvement du matériel roulant, il trouve que nos gares ne sont pas assez concentrées pour utiliser les engins mécaniques et imiter l'exemple de l'Angleterre dans la rapidité du déchargement des marchandises, et,

relativement au service des voyageurs, il affirme que l'on y a partout multiplié les billets d'aller et retour dans toutes les directions.

Voici ce que dit M. le conseiller Whermann sur ces différentes questions examinées par lui en Angleterre.

« Le prix des places est généralement plus élevé en Angleterre que chez nous. Cette différence s'accentue encore par le fait que les billets d'aller et retour ne sont pas d'un emploi général et que même ils ne comportent pas toujours des réductions.

« Mentionnons ensuite les cabestans hydrauliques établis dans quelques stations de Londres, notamment dans celle de Broad-Street. On a rarement l'occasion de les voir fonctionner, la plupart des manœuvres s'effectuent, même dans les stations pourvues d'engins hydrauliques, au moyen de locomotives et de chevaux. En fait donc, les systèmes ordinaires ne sont remplacés nulle part d'une manière complète.

« En somme, la grande activité qui caractérise le service des marchandises sur les lignes anglaises, n'existe que pour les relations entre les villes importantes et spécialement pour le transport des colis.

« Le camionnage est obligatoire. Les taxes des cinq classes pour lesquelles le chemin de fer se charge de la prise et de la remise à domicile — *carted classe* — comprennent les frais qui se rapportent à ces opérations, sans qu'il en soit rien déduit, si l'expéditeur amène lui-même sa marchandise à la gare. Ces frais sont très élevés, à Londres même ils sont de 9 fr. 76 par tonne et dans l'intérieur du pays de 3 fr. 12 par tonne.

« Le public est donc forcé, s'il ne veut pas subir de dommage, de faire usage du service organisé par la Compagnie pour toutes les marchandises appartenant aux classes camionnées.

« Ajoutons encore que les Compagnies anglaises n'assurent le camionnage que dans un rayon déterminé au delà duquel le transport donne lieu à la perception d'une taxe supplémentaire, s'il n'est pas fait par les destinataires. »

Ainsi tout le secret de la rapidité de marche des marchandises sur les chemins anglais gît dans l'esprit pratique des commerçants et des industriels anglais, qui savent payer la rapidité de prise et de remise de la marchandise à domicile, et n'ont nullement la prétention, comme les nôtres, de rançonner les Compagnies de chemin de fer ou de faire payer aux contribuables une partie de leurs transports; seul but auquel ils visent par le rachat ou la réglementation absolue, par l'État, des tarifs de transports.

M. Hamers, sans nier qu'il y ait encore de grands progrès à réaliser dans l'exploitation des chemins de fer, dit qu'en attendant, il est bon d'apprécier équitablement les améliorations obtenues.

Or, pour faire exactement cette appréciation, il faut tenir compte d'un élément important dont on n'a point parlé jusqu'à présent dans la discussion; cet élément, c'est *la diminution que subit continuellement la valeur relative de l'argent, de l'unité monétaire.*

Dans une région dont M. Hamers a étudié les prix, un manœuvre qui en 1857 pouvait à la rigueur vivre, avec sa famille, en gagnant 2 fr. 40 par jour, avait besoin de gagner 3 fr. 20 en 1867 pour vivre à peu près de la même manière et pour pourvoir à des charges identiques. En 1877, c'est un salaire de 4 fr. qu'il lui fallait pour atteindre le même but. Ces divers salaires étaient, du reste, précisément ceux qu'il touchait respectivement en 1857, en 1867, et en 1877.

Dans ces conditions, si nous représentons par 1 la valeur relative qu'offrait en 1857 la pièce de 1 franc, c'est-à-dire la somme de services qui pouvait être obtenue alors en échange de cette quantité monétaire, nous trouvons qu'en 1867 cette valeur avait décru suivant le rapport de 2 fr. 40 à 3 fr. 20 ; elle était ainsi devenue $\frac{2.40}{3.20} = 0.75$.

Pour 1877, en faisant pareil calcul, nous trouvons, comparativement à 1857, une valeur relative de $\frac{2.40}{4.00} = 0.60$.

Enfin, si l'on prend l'année 1867 comme point de départ de la comparaison, la diminution relative de la valeur de la monnaie sera représentée en 1877 par la proportion $\frac{3.20}{4.00} = 0.80$.

Admettons, pour faciliter le raisonnement, que ces chiffres représentent exactement les diminutions subies par la valeur de l'unité monétaire sur un réseau de chemins de fer dans lequel il s'agit de comparer entre eux les frais d'exploitation de diverses époques.

Pour comparer le prix de revient de l'unité de trafic de 1857 à ceux de 1867 et de 1877, il faudra multiplier celui de 1867 par un coefficient de 0.75, et celui de 1877 par un coefficient de 0.60.

De sorte que, si la statistique indique pour ces années des prix de revient à peu près pareils, cette parité accuse, en réalité, une amélioration qui correspond, en 1867, à 25 pour 100 du prix de 1857, et en 1877, à 40 pour 100 de ce même prix.

Dans les mêmes conditions, si l'on compare 1867 à 1877, l'amélioration relative est encore de 1 — 0,80, c'est-à-dire de 20 pour 100 du prix de 1867.

M. le Président donne la parole à M. de Coëne pour répondre aux objections faites à sa communication.

M. de Coëne présente d'abord quelques observations sur la note de M. Courras à laquelle il ne peut répondre avec détails, puisqu'il n'en avait pas connaissance. M. Courras semble voir dans ce qui a été dit, relativement au rachat, une hostilité contre les grandes Compagnies. M. de Coëne, voudrait qu'il fût bien établi que dans tout ce que l'on peut dire à ce sujet, on n'a en vue que l'intérêt général, et les arguments mis en avant n'ont pas un autre but, loin de présenter aucun caractère d'hostilité.

Une autre observation, qui montre combien on met quelquefois de passion dans le débat, est relative à des chiffres cités par plusieurs personnes ; ainsi M. Marché avait dit que les tarifs belges donnaient lieu à un déficit de 24 millons; M. Courras, dit 10 millions. D'ailleurs, M. de Coëne vient de recevoir de Belgique des documents officiels relatifs aux trois dernières années, ces documents, qu'il tient à la disposition des membres de la Société, montreront l'inexactitude de quelques chiffres donnés par MM. Courras et Marché sur les chemins de fer belges.

Enfin, M. Courras croit que les tarifs ne constituent pas des mesures d'intérêt général, et peuvent être débattus entre les Compagnies et les industriels. En Angleterre, cela peut être ; mais ce n'est certainement pas possible en France, où il n'y a pas de concurrence, et où les industriels sont dans l'impossibilité de se défendre contre les prétentions des Compagnies.

Ces quelques remarques préliminaires étant faites, M. de Coëne répond aux objections auxquelles sa communication a donné lieu.

Avant de répondre aux observations qui ont été faites sur les propositions que j'ai exposées sur le régime des chemins de fer, permettez-moi de faire une rectification nécessaire. M. Roy a dit que les prix perçus en Angleterre étaient de 17 centimes en première classe, de 10 centimes en deuxième classe. Sans l'avoir demandé, j'ai reçu d'Angleterre une lettre par laquelle on proteste contre les chiffres donnés par notre Collègue. Cette lettre est intéressante, en ce sens qu'elle montre l'intérêt que l'on porte aux discussions qui se produisent à la Société des Ingénieurs civils et indique l'importance que nous devons attacher à ne donner, comme je l'ai fait dans toute les discussions, que des chiffres absolument exacts.

Voici la lettre :

« J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre communication faite à la Société des Ingénieurs civils, le 16 avril, et je remarque entre autres critiques le dire de M. Roy sur le tarif des voyageurs sur les lignes anglaises. Il dit : « si l'on est en Angleterre très avancé sous ce rapport (de la vitesse), il faut « dire aussi que l'on paie la vitesse, et que les tarifs sont alors bien supé- « rieurs à ceux qui sont appliqués en France. Ainsi, la première classe « coûte 17 centimes par kilomètre? et la troisième 10 centimes; tandis « qu'en France, ces chiffres sont environ 12 et 6 centimes. »

« Je ne sais où M. Roy a puisé ses renseignements; mais, à ma connaissance, il n'y a que sur peu de lignes et encore dans peu de trains où les prix approchent des chiffres donnés par M. Roy. De Londres à Manchester, 305 kilomètres, on a le choix de vingt-sept trains par jour sur quatre lignes différentes; vingt-trois trains sur les trois lignes directes, L. et NN. N. Ry. Midland et Great-Northern. Sur ces vingt-trois trains, dix-sept font le trajet en cinq heures au plus, soit une vitesse de plus de 60 kilomètres par heure. Les prix sont : première classe, 31 francs (0 fr. 10,8 par kilom.), troisième classe, 13 fr. 20 (0 fr. 06,4 par kilom.). De Londres à Glascow,

650 kilomètres; prix: 73 francs, première classe (0 fr. 11 par kilom.); 41 francs, troisième classe (0 fr. 06,3 par kilom.), et on peut faire le trajet en dix heures, soit 65 kilomètres par heure, l'impôt est payé par la Compagnie.

« Ce prix réduit pour le Nord, le Centre et l'Ouest de l'Angleterre est dû certainement à l'initiative et à la concurrence du Midland Ry. C°; mais, même pour Southampton L. et S. N. les prix sont de 0 fr. 15 1/2 (première classe et 0 fr. 6,4 (troisième classe); pour Camdridge 0 fr. 12 (première classe), et 0 fr. 06,4 (troisième classe), et il n'y a que dans les trains dits « Limited Mail » du G. Western où la première classe atteint le prix de 0 fr. 17. »

Je n'ajoute rien à cette lettre qui suffit à vous faire voir que M. Roy, dans tous ses chiffres, a confondu les prix perçus en ce moment avec les prix des cahiers des charges de concession, prix qui ne sont plus appliqués en Angleterre qu'à titre exceptionnel et pour les trains dit *limited* qui marchent à la vitesse moyenne de 80 kilomètres à l'heure.

Il est utile de remarquer que les voyageurs de troisième classe sont transportés dans les trains express marchant de 60 à 65 kilomètres, et que ces prix comprennent un impôt sur les voyageurs, impôt qui est payé par les Compagnies. Cette première rectification faite, et elle était absolument nécessaire, j'aborde les observations contenues dans la lettre de M. Love. Notre honorable Collègue partage avec moi l'avis qu'il y a bien des perfectionnements à apporter dans nos exploitations de chemins de fer, que l'usage des engins mécaniques est désirable, mais il me reproche de n'avoir pas suivi nos discussions et d'apporter des faits déjà exposés.

Si vous voulez bien vous reporter à sa communication, vous verrez qu'il a parlé en même temps du corps des ponts et chaussées, du corps d'état-major, des lignes régionales et des ports intérieurs.

Sa communication, qui n'a d'ailleurs donné naissance à aucune discussion, ne proposait rien de précis, elle était faite en termes tellement généraux que j'ai cru devoir apporter une proposition précise de manière à ouvrir réellement la discussion.

Vous avez pensé comme moi, puisque, quoique ne partageant pas généralement ma manière de voir, vous avez bien voulu discuter mon projet qui a eu l'heureuse fortune de prolonger le débat au delà des limites que vous donnez habituellement aux propositions portées devant vous, et, chose plus heureuse, de faire surgir des idées nouvelles qui doivent évidemment servir à élucider cette grande question des chemins de fer.

Ceci dit, j'aborde les observations de M. Marché, et je vous demande la permission, au risque de surcharger la discussion, d'apporter des chiffres qui serviront à préciser la question. J'ai appuyé la nécessité de la réorganisation des chemins de fer sur ce fait que pour exploiter économiquement il faut réduire nos réseaux de manière à ce qu'ils n'excèdent pas 3 à 4,000 kilomètres, que les réseaux plus étendus, 7,800 et 10,000 kilomètres auxquels

sont arrivés ou arriveront nos six grandes Compagnies, excèdent la puissance d'une direction unique. Je concluais de l'exagération d'étendue même donnée à nos réseaux, de l'encombrement périodique des gares, de la mauvaise utilisation du matériel, l'exagération des dépenses par tonne kilométrique qui allaient certainement en augmentant, puisque :

Pour l'ancien réseau :

En 1868, la tonne kilométrique coûtait 2 c. 38;
En 1878, — — 2 c. 40;

Pour le nouveau réseau :

En 1868, la tonne kilométrique coûtait 3 c. 47;
En 1878, — — 3 c. 98.

Je disais aussi que l'exploitation devait être conduite par des hommes d'affaires; mais je n'ai jamais dit, comme me le fait dire M. Marché, qu'un ingénieur, et j'ajoute aujourd'hui, même un ingénieur civil, ne pouvait pas fort bien faire un excellent chef d'exploitation — s'il est d'abord un excellent homme d'affaires.

M. Marché, dans sa réponse à propos des chemins anglais, au lieu de prendre, comme je l'ai fait, la tonne kilométrique comme terme de comparaison pour l'ensemble des lignes, prend une seule ligne et même une des moins importantes d'Angleterre. Puis il compare les recettes et les dépenses par kilomètre de ligne, les recettes et les dépenses du train kilométrique. Or, M. Marché sait très bien que cette comparaison est absolument vicieuse; car le même jour où il faisait cette comparaison, il répond à M. Dallot, qui lui disait : Une preuve évidente, que les chemins belges sont mal exploités, c'est qu'ils exploitent à 70 pour 100, lorsque la Compagnie du Nord exploite à 40 pour 100. M. Marché s'empressait de répondre, avec juste raison, que pour faire des comparaisons précises de ce genre, il faut tenir compte des tarifs du parcours moyen, etc.

M. Marché a donc fait lui-même la critique de la réponse qu'il m'a faite à propos des chemins anglais. J'ajouterai que ses idées de 1868 sur le prix de revient de la tonne kilométrique sont en contradiction avec ses idées d'aujourd'hui. Ainsi, en 1868, il disait : Plus le nombre de tonnes augmente, plus les dépenses par unité diminuent. Or, cette opinion, conforme à ce qui se passe dans l'industrie, il vient la contredire aujourd'hui. M'appuyant donc sur les anciennes opinions de mon honorable Collègue, que je crois les seules justes, je répète ce que j'ai dit, s'il y a eu augmentation dans les dépenses de la tonne, c'est que l'exploitation est moins bien conduite qu'en 1868, et que les réseaux ont une étendue démesurée.

Je vais prouver que les déductions qu'il a tirées des résultats qu'il a présentés pour l'Angleterre ont une base vicieuse, et que ma comparaison du prix de la tonne kilométrique anglaise et de la tonne française était absolument inattaquable et que c'est la seule qu'il aurait dû employer.

M. Marché prétend que les transports français sont différents des transports anglais; oui, ils diffèrent, mais c'est par leur énorme différence en quantité, je vais prouver, par des chiffres, que les proportions du trafic *minéral* par rapport au trafic général sont les mêmes dans les deux pays. Ainsi, en Angleterre, sur 114 millions de tonnes, il y a 78 millions 700 mille tonnes dites classe minérale. (C'est le chiffre de 1865, car, en 1873, le tonnage anglais est de 190 millions de tonnes.)

Or, quelle est la proportion entre le trafic minéral et le trafic total? Il est de 69 p. 100.

En France, M. Marché donne comme chiffre total 38 millions de tonnes dont 10 millions de tonnes de houille.

Or, ces comparaisons sont absolument incomplètes.

En effet, en France, en 1876, on a transporté 58 *millions de tonnes*, et, sur ces 58 millions de tonnes, et non pas 38 *millions* comme il le dit, il y avait 37 *millions* de tonnes de marchandises similaires de la classe minérale anglaise.

Ces 37 millions se décomposent ainsi :

Houille, coke	15,134,000
Matériaux de construction	6,904,000
Fontes, fer	4,331,000
Engrais et amendements divers	11,120,000
Total	37,489,000

Or, quelle est la proportion entre le trafic total français et le trafic minéral français?

Exactement 69 p. 100, comme en Angleterre.

La comparaison que j'ai faite est donc absolument rationnelle, et quand je disais pour les transports anglais, en considérant le prix de la tonne 6c,98 et le parcours moyen de 58 kilomètres, que le prix de transport était de 11 0/0 moins élevé que le prix de transport français, j'avais raison de ne pas admettre, *avec tout le monde*, comme le dit M. Marché, mais sans preuves à l'appui, que les transports anglais sont plus élevés que les tarifs français, lorsque l'expérience et les chiffres prouvent que les Anglais exploitent moins chèrement que nous.

Notre Collègue est tombé également dans la même erreur lorsqu'il a pris le train kilométrique du Great-Northern et qu'il le compare, à dix ans d'intervalle. Il ne nous a pas dit quelle était la composition du train kilométrique en 1868 et en 1878, et, par conséquent, il ne nous a rien démontré, car les comparaisons ne peuvent porter que sur la dépense de la tonne kilométrique, qui est toujours la même, tandis que le train kilométrique, comme la recette kilométrique, peut varier du simple au double, ou même au triple, dans un intervalle de dix années.

Reste maintenant la question des chemins de fer belges. Je dois le dire, les faits avancés par M. Marché sont absolument en contradiction avec les

faits. Il avoue que les tarifs belges sont moins élevés, mais il ajoute que l'exploitation des chemins de fer coûte 24 millions par an aux contribuables de la Belgique.

Or, je trouve dans les comptes rendus de l'État belge, comptes rendus de 1879 pour l'année 1878, et qui n'ont pas été faits pour la circonstance, les deux affirmations suivantes (p. 53) :

« En résumé, des résultats obtenus par l'exploitation des chemins de fer « de l'État belge, il résulte :

« 1° Que les chemins de fer ont payé l'intérêt des capitaux engagés ;

« 2° Ils ont amorti sur le capital une somme de 96 millions. »

Mais je ne m'en suis pas rapporté seulement à cette affirmation. Les statistiques de l'exploitation viennent la confirmer.

Les chemins de fer de l'État belge exploitent à 59, 60 p. 100, avec des tarifs réduits, et non pas avec 70 p. 100, comme le dit M. Dallot.

Or, ils ont produit en 1878, en recette nette, 17,700 francs par kilomètre, ce qui représente, à 4 fr. 15, intérêt et amortissement en soixante-dix ans, l'intérêt d'une somme de 426,533 fr., qui est bien supérieure à la moyenne du prix des chemins construits par l'État belge ou exploités par lui.

Ainsi on voit qu'au lieu du chiffre de 24 millions de déficit, il n'y en a aucun.

J'avais donc raison de dire que si, en France, nous appliquions les tarifs belges, nous aurions une économie de 166 millions par an.

J'ajoute qu'indépendamment de cette marge d'économie qui nous est tracée par la Belgique, il faut tenir compte des 45 millions payés aux Compagnies comme insuffisance de garantie; qu'il faut encore compter les 1,300 millions de travaux ou d'argent payés aux Compagnies françaises, somme de 1,300 millions qui représente un intérêt annuel de 70 millions, de sorte que les Compagnies reçoivent par an 70 + 45 = 115 millions, somme qui charge les contribuables en France, de 3 fr. 25 par habitant, et qui, par le fait, majore le prix des transports, qui s'élevait à 800 millions environ, de 15 p. 100.

Qu'il y a lieu de remarquer que, dans les transports faits par les chemins de fer de l'État belge, on ne tient pas compte des transports militaires, qui sont faits gratuitement, tandis qu'en France ils sont payés aux grandes Compagnies qui, de ce fait, encaissent une somme très importante.

On voit donc qu'en résumé il y a, pour la France, une large marge pour la diminution des tarifs et pour les améliorations à apporter à notre exploitation.

Tout le monde est d'accord : M. Love, M. Marché, la Commission qui a exprimé son avis sur le régime actuel des chemins de fer, qu'il y a beaucoup à faire, qu'il faut réorganiser nos chemins de fer. Or, pour arriver à ce but, le seul moyen c'est de les racheter, pour ensuite les réorganiser,

faire des Compagnies moins étendues, régler l'exploitation des nouveaux réseaux, proportionner l'outil à l'ouvrage à effectuer.

Je crois utile d'expliquer ici ce que j'entends par le groupement des chemins de fer. — J'entends mettre toutes les lignes d'une même région sous une même direction. Je considère que vouloir partager, comme le veut M. Vauthier, les lignes en réseaux principaux et en réseaux régionaux, serait une immense faute en contradiction avec la pratique des chemins de fer en France et dans toute l'Europe, en Allemagne, en Hollande, en Belgique, en Angleterre. Il faut que, dans un groupe de chemins de fer, les grandes et les petites lignes se prêtent un mutuel concours. Ce n'est pas à dire qu'il faut exploiter les lignes à grand trafic comme les lignes à petit trafic : il faut d'autres méthodes; mais ces méthodes existent et il suffit de lire les comptes rendus de certaines Compagnies, pour voir que la distinction existe parfaitement et que le nouveau réseau a été, par certaines Compagnies, exploité très économiquement. Il est reconnu par tout le monde que la séparation des lignes du réseau d'État par les lignes de la Compagnie d'Orléans rend l'exploitation du réseau d'État très difficile. — Il est évident, pour tous ceux qui connaissent l'exploitation, que les lignes d'un même groupe doivent être sous la même main. Ainsi, par exemple, dans le réseau de l'Ouest, quand la récolte est abondante en France, les blés, les vins sont dirigés de l'Ouest vers la Normandie, et même vers l'étranger; quand la récolte est faible en France, l'étranger, par la Normandie, approvisionne l'Ouest. Quand les frets des charbons anglais augmentent, ce sont les charbons français qui approvisionnent. Pour satisfaire aux exigences du trafic il suffit de faire passer le matériel d'un côté à l'autre du réseau.

Dans le cas d'affluence des voyageurs en un point, les autres parties du réseau prêtent leur matériel. Pour les fabrications qui ne durent que quelques mois, comme les fabriques de sucre, les besoins sont mieux satisfaits, quand la ligne a une étendue suffisante.

La concentration en grands réseaux a des avantages incontestables; il ne faut pas détruire ces avantages qu'avait compris un homme qui, en définitive, a imprimé aux chemins de fer français une direction qui a eu son importance. M. de Franqueville, l'organisateur des grands réseaux, comprenant aussi que les réseaux ne pouvaient s'étendre indéfiniment, avait prévu le rachat, il avait aussi prévu l'arrêt du développement des six grandes Compagnies et posé les bases de nouvelles Compagnies, telles que les Dombes et Sud-Est, Picardie et Flandres, Vendée, Orléans à Rouen, Charentes, qui étaient les embryons d'une organisation telle que celle que je préconise, et où on trouve les éléments de l'organisation que je propose.

On a dit ici, à la Société, on a dit ailleurs aussi, que l'État exploite plus chèrement que les Compagnies. Je pense qu'il y a lieu de rétablir les faits tels qu'ils se passent, en les appuyant sur des chiffres.

Ainsi, vous savez qu'il y a une formule qui a été proposée dans diverses

conventions et acceptée par les Compagnies. Cette formule est celle-ci : 6,000 francs, plus 0,40 de la recette totale diminuée de 6,000 francs.

Or, les chemins de fer d'État qui ont seulement une recette brute qui n'atteint pas 10,000 francs et qui exploitent à 77 p. 100, produisent une recette nette, égale à celle donnée par la formule. — Une Compagnie française, au contraire, qui a eu, en 1878, un revenu brut de 21,000 fr. par kilomètre, a exploité à 81 p. 100 de la recette brute. Or, si on applique à ce chiffre de recettes brutes la formule acceptée par les Compagnies : $6000 + 0{,}40$ (R. — 6000), on trouve que cette Compagnie aurait dû exploiter à 58 p. 100 de la recette brute, soit une différence en trop de 23 p. 100. Cette différence constituerait, en faveur du Trésor, une économie annuelle de 8 millions qu'on lui demande comme garantie d'intérêt. Si vous prenez les résultats obtenus par l'État belge, qui exploite à 59 p. 100, avec des tarifs de 20 p. 100 moins élevés que les chemins français ; si vous les rapprochez des résultats obtenus par les chemins de fer de l'État français, on est en droit de conclure que les chemins d'État sont au moins aussi bien, sinon mieux, exploités que les réseaux des Compagnies.

Il me resterait à vous parler des diverses organisations d'exploitation : l'État exploitant, — la méthode hollandaise, — méthode suisse, — méthode Polonceau, Sauvage, etc.; mais cette étude, que je vous ferai peut-être un jour, m'entraînerait trop loin. Mais je puis vous dire que, parmi ces méthodes, plusieurs présentent de véritables avantages, je les ai vues fonctionner dans les pays eux-mêmes où elles sont pratiquées, elles offrent toutes les garanties financières et industrielles que l'on demande à nos Compagnies.

En terminant, Messieurs, permettez-moi d'exprimer l'étonnement que me cause, dans le milieu ou nous sommes, de ne pas me voir soutenu dans une cause que je considère comme éminemment utile à l'œuvre industrielle qui constitue l'exploitation des chemins de fer.

Pour un homme de chemins de fer, le but principal qu'il cherche à atteindre, c'est de faire transporter le voyageur où la tonne de marchandises le mieux possible, le plus vite et au plus bas prix possible. Pour lui, la question de perception n'est rien; la question, c'est de transporter économiquement, de concentrer toute son intelligence à ce résultat.

Les tarifs sont les impôts des transports, ce sont des affaires de fiscalité, et si bien une affaire fiscale, que rien n'empêcherait l'État, de frapper les transports de droits fiscaux aussi élevés qu'il le voudrait. Il tient par là les tarifs dans ses mains ; les tarifs sont donc une affaire absolument du domaine politique et qui appartient seule à la souveraineté nationale. Je suis étonné que des hommes qui devraient être seulement guidés par le désir de la production économique, attachent une telle importance à conserver la direction des tarifs, qui n'entre pour rien dans le rôle industriel des Compagnies. Nous n'avons, nous, Ingénieurs ou Industriels, qu'à nous préoccuper de transporter le plus économiquement ce que l'on nous donne à

transporter ; notre rôle s'arrête là. Vouloir aller au delà, c'est entrer dans le domaine politique et économique qui sort du cadre de nos études.

M. Courras. Reproduisant l'opinion émise par M. Marché, j'ai dit que les tarifs doivent être débattus entre les Compagnies et les industriels.

M. de Coëne répond ; « c'est possible en Angleterre, à raison de la concurrence des lignes de chemins de fer. Ce n'est pas possible en France, où les industriels ne peuvent se défendre contre les prétentions des Compagnies. »

M. de Coëne, au lieu de rester dans des généralités aurait dû, pour donner quelque poids à sa critique, l'appuyer de faits montrant cette impossibilité, qu'il suppose pour les industriels, de se défendre contre les Compagnies.

En France ils ont, tout à la fois, l'aide et la protection du gouvernement qui contrôle tous les actes des entreprises de transport par voies ferrées, et les tribunaux qui jugent toutes les contestations.

En Angleterre, l'action du gouvernement sur la gestion des Compagnies est à peu près nulle. Tout le monde le sait. Quant à l'action de la concurrence, M. de Coëne l'a jugée lui-même en déclarant dans sa précédente communication, qu'elle n'avait pas amené le bon marché des transports, objectif apparent de notre Collègue.

Cependant, la prospérité industrielle de la France et de l'Angleterre étant incontestable, il faut bien en conclure, que laisser la tarification des transports à l'industrie privée n'est pas un obstacle à la prospérité d'un pays, comme l'affirme, sans preuve à l'appui, notre ami de Coëne.

Notre Collègue émet encore la pensée que les réseaux actuels doivent être rachetés par ce motif qu'ils sont trop étendus, et il nous a dit que pour assurer une bonne exploitation, le réseau confié à une même Compagnie ne devait pas dépasser 3 ou 4,000 kilomètres. Nous lui demanderons s'il en connaît beaucoup en France qui atteignent ce développement.

La Compagnie du Nord exploitait, fin 1878, 1,619 kilomètres.

La Compagnie de l'Est	id.	1,268	»
La Compagnie du Midi	id.	2,224	»
La Compagnie de l'Ouest	id.	2,676	»

La Compagnie d'Orléans, en tenant compte de l'ablation qui fait l'objet de la dernière convention avec le Ministre, est réduite à 2777 kilomètres.

Les chemins de l'État seront, par suite, portés à 2784 kilomètres. Ce sera le plus grand réseau après celui de Lyon qui atteint 5603 kilomètres.

On peut donc dire que l'étendue des réseaux, sauf celui de Lyon, est encore loin d'atteindre la limite assignée par M. de Coëne. Son assertion sur ce point manque donc complètement d'exactitude.

M. de Coëne persiste à vouloir démontrer, en outre, que les prix de

transports en Angleterre sont inférieurs aux nôtres. Il entreprend l'impossible, et contre toute évidence, les tableaux graphiques présentés par M. Marché, ont frappé tous les yeux.

Mais notre ami de Coëne ne se tient pas pour battu, et il cherche à établir que les transports à bas prix, comme ceux qui sont appliqués à la classe minérale en Angleterre, ont une même importance en France, et qu'ainsi, le prix moyen du transport en France et en Angleterre peut servir de base à la comparaison qu'il établit entre les tarifs moyens anglais et français.

Il n'y a cependant qu'à ouvrir la statistique du Board of Trade, pour voir que le tonnage de la classe minérale est en Angleterre, pour 1878, dans la proportion de 98,963,000 tonnes, contre 47,331,000 de marchandises générales, soit dans le rapport de 2 à 1. Tandis que la statistique officielle du Ministère des Travaux publics montre qu'en France la houille, les engrais et les matériaux de construction, matières qui correspondent à la classe minérale anglaise ont fourni, en 1876, un tonnage de 23,669,000 tonnes aux réseaux des grandes Compagnies, tandis que les marchandises générales donnent 32,780 tonnes. Le rapport est ici de 0,72 à 1.

Nous sommes bien loin, vous le voyez, Messieurs, de l'égalité indiquée par M. de Coëne. Comment en serait-il autrement lorsqu'on sait que l'extraction de la houille qui constitue le plus gros tonnage dans des transports à bas tarifs est, en Angleterre, de 134 millions de tonnes, alors que cette extraction ne dépasse pas 17 millions de tonnes en France.

Ceci suffit à montrer les erreurs matérielles que M. de Coëne n'a pas su éviter.

Remarquons en outre que ces transports de la classe minérale se font généralement en Angleterre dans des wagons fournis et entretenus par les industriels expéditeurs.

En ce qui touche les tarifs de voyageurs en Angleterre, un seul mot devrait suffire. M. Roy avait dit, dans une précédente séance, que, dans les *trains de vitesse,* la taxe anglaise était très supérieure à la nôtre, et il ajoutait qu'elle s'élevait dans ces trains jusqu'à 17 centimes par kilomètre. Il suffirait de dire que M. de Coëne, dans sa réponse, reconnaît l'exactitude du fait. Mais, d'autre part, il prétend qu'il n'y a que les trains dits *limited mail* du Great Western pour lesquels le prix s'élève à 17 centimes. Nous devons encore, sur ce point, le rectifier en citant :

Les express du London-Brighton pour lesquels est perçu en première classe 18c,8, et ceux du Chatam-Dover dans lesquels la taxe est de 20 centimes par kilomètre.

Lorsqu'on sait que ces deux Compagnies transportent annuellement plus de 56 millions de voyageurs, il n'est pas permis de négliger l'importance des taxes qu'elles prélèvent sur cette nature de transport.

Passant aux chemins belges, notre collègue de Coëne avance : 1° que

l'exploitation des chemins de l'État couvre par ses produits nets l'intérêt des capitaux engagés; 2° que les transports militaires y sont faits gratuitement, tandis qu'en France ils sont payés aux grandes Compagnies; 3° enfin, qu'une somme de 96 millions a été amortie sur les produits nets de l'exploitation

Sur ce dernier point nous n'avons rien à dire, si ce n'est que les Compagnies françaises amortissent également leur capital, et que les situations à ce point de vue ne présentent de part et d'autre aucune différence.

Sur le deuxième point nous prions M. de Coëne de se reporter à la page 176 du rapport officiel qu'il a cité, il y reconnaîtra que, contrairement à son assertion, les transports militaires ne sont pas effectués gratuitement par les chemins de l'État, mais au contraire sous condition de payer la moitié des prix ordinaires. Tout le monde sait qu'en France la réduction est beaucoup plus considérable.

C'est absolument le contraire de ce que M. de Coëne a dit.

Notre Collègue veut établir, enfin, que les produits nets du réseau d'État belge couvrent les intérêts et l'amortissement du capital.

M. DE COENE, interrompant, affirme que ses chiffres sont appuyés sur des documents officiels incontestables.

M. COURRAS, continuant, fait observer que M. de Coëne s'appuie, en effet, sur deux phrases extraites de la page 59 du rapport du Ministre des Travaux publics, mais qu'il a oublié de citer la note inscrite au bas de la même page, et ainsi conçue : « Il n'est porté en compte aucun intérêt pour les sommes affectées à l'établissement du chemin de fer et provenant d'excédents des ressources du Trésor. Ces sommes s'élèvent à 89,831,000 fr. » C'est en réduisant ainsi de 89,800,000, le montant du capital dépensé, que le Ministre des Travaux publics belge obtient l'équilibre dont il parle. M. le Ministre des Finances, M. Graux, au contraire, dans son discours du 20 avril dernier, a montré clairement, ainsi que je l'ai déjà dit, que la perte moyenne pendant les sept dernières années était de 5,000,000. Ce chiffre est en réalité trop faible; car on ne fait payer aux chemins de fer de l'État, dans les comptes dont il s'agit, qu'un intérêt de 4 pour 100 avec amortissement en quatre-vingt-dix ans, alors que les capitaux empruntés par l'État ont coûté 4 /12 à 5 pour 100 et doivent être amortis en trente-cinq et cinquante-trois ans.

Si on rectifie les comptes à l'aide de ces données, et si, au lieu d'envisager seulement les réseaux de l'État, on embrasse l'ensemble du réseau belge, on se rapproche du chiffre de déficit indiqué par M. Marché, et que M. de Coëne a cherché vainement à faire disparaître.

Ce déficit existe et, pour le combler, le Ministre belge déclare qu'il n'y a que deux moyens : *relever les tarifs ou augmenter les impôts.*

Telles sont les rectifications qui nous ont paru nécessaires pour éclairer le débat et lui donner des bases plus solides que celles de notre ami de Coëne.

M. Molinos fait remarquer que l'erreur dans laquelle M. de Coëne est tombé en ce qui concerne l'équilibre financier des chemins de l'État en Belgique, ne se comprend guère après la communication faite à la Société du rapport de M. Lehardy de Beaulieu, qui signalait précisément cet écart de 88 millions entre les deux comptabilités, celle des travaux publics et celle des finances.

Il n'ajoutera qu'un mot sur ce que M. de Coëne a dit des résultats de l'exploitation des chemins de fer de l'État en France. Leur dépense d'exploitation indiquée dans le bulletin mensuel du Ministère des Travaux publics est de 79, 91 pour 100, environ 80 pour 100 et non pas 77 pour 100 comme l'indique à tort M. de Coëne.

Mais ce qu'il y a de plus étonnant dans le chiffre de la dépense c'est qu'il correspond exactement, à un franc près, à ce qu'il serait si on appliquait la formule de Sedan à Lérouville. Il y a lieu de se demander par quel procédé l'administration des chemins d'État a pu ainsi assouplir ces dépenses au point de les renfermer exactement dans les limites d'une formule mathématique? Ne serait-ce pas tout simplement par l'imputation, sur un autre chapitre du budget, de toute dépense dépassant la limite imposée d'avance.

Dans ces conditions les chiffres présentés ne seraient pas de nature à inspirer une confiance absolue.

M. Marché pense qu'au point où est arrivée la discussion, il faut laisser de côté les questions de chiffres et de détails, pour mettre en lumière le point principal. M. de Coëne demande le rachat et la création de Compagnies fermières; M. Vauthier veut le rachat avec la réorganisation des réseaux; M. Thomas, comme industriel, réclame l'abaissement des tarifs; enfin, MM. de Coëne, Vauthier, Thomas, sont d'accord entre eux pour convenir que les tarifs doivent être remis entre les mains de l'État. Il semble donc que pour ces messieurs l'idéal, c'est : *L'État maître des tarifs*. M. Marché est complètement opposé à cette manière de voir; il est convaincu, au contraire, que la question des tarifs doit être discutée entre les chemins de fer et les industriels. D'ailleurs, il se demande pourquoi le fait de transporter des marchandises sur deux rails d'acier constitue une industrie d'État. Cette industrie peut-elle être comparée à celle des Gobelins et de Sèvres, qui représentent plutôt des musées que des manufactures ordinaires; à celles des tabacs, de la poudre, qui ne sont autre chose que des sources d'impôts; à celle des postes et télégraphes, qui constitue un service public? Quel est donc l'argument qui fait des chemins de fer une industrie d'État, qui ne s'applique immédiatement à la batellerie qui emprunte les canaux appartenant à l'État, au roulage qui se sert des routes construites par l'État, aux mines, qui exploitent le sol national, enfin, à la fabrication du pain, à la production de la viande?

Si l'État est *maître des tarifs*, les fixera-t-il mieux qu'on ne le fait aujourd'hui? On le dit, mais il est permis d'en douter. La vérité, pense M. Marché, c'est que l'État fera l'*unification* des tarifs; or, il est partisan de l'*uniformisation*, c'est-à-dire de la même forme pour tous les tarifs, mais non de

l'application d'un taux unique, invariable, partout, en toutes circonstances pour la même marchandise. L'État fera une formule, et l'appliquera partout, quelles qu'en soient les conséquences. Ainsi, l'un des arguments invoqués pour le rachat de l'Orléans, c'est que le réseau de l'État ne peut vivre à côté de celui de cette Compagnie qui fait des détournements au moyen de tarifs réduits; l'État ne veut pas sortir de sa formule, et ne peut, par conséquent, baisser ses tarifs. Ainsi, lorsqu'un canal lui fera concurrence, il sera dans l'obligation de la subir.

En somme, M. Marché est d'avis que les chemins de fer doivent rester une industrie particulière; on peut faire des modifications, mais ce qu'il défend c'est le système français, qui n'est ni celui de la liberté absolue comme en Angleterre, ni celui de l'exploitation par l'État comme en Belgique; c'est un système intermédiaire, comportant des cahiers des charges, avec un maximum imposé, et la faculté d'osciller entre ce maximum et zéro. C'est là le jeu naturel des opérations commerciales, et il faut le laisser se produire librement sous le contrôle de l'État.

On parle des hostilités contre les Compagnies; certainement il y en a, et il y en aura toujours; heureusement, elles sont divisées; mais le jour où l'État sera maître des tarifs, toutes les hostilités convergeront vers l'État, c'est-à-dire vers le gouvernement, et alors on n'aura d'autre recours que les mesures violentes et politiques.

M. Marché termine en affirmant de nouveau la supériorité du système français, fondé sur le principe de la libre industrie des transports.

M. Vauthier tient d'abord à faire remarquer que si dans la dernière séance ses paroles ont rencontré quelques marques d'improbation, il peut y avoir malentendu sur un point qu'il a à cœur de préciser. Il affirme qu'il est pleinement partisan de l'initiative privée, et ennemi décidé de l'ingérence de l'État dans les affaires qui sont du domaine de l'industrie; il répète qu'il repousse l'*enrégimentation du pays*, et que sur ce point il est complètement d'accord avec ses Collègues. Cependant, il est partisan de la réorganisation des Compagnies parce que l'état de choses actuel ne peut subsister plus longtemps, et c'est pour ce motif qu'il demande le rachat.

M. Vauthier est d'accord à peu près sur tous les points avec M. Marché, relativement à la question des tarifs, du moins en ce qui concerne leurs conséquences techniques; mais cependant il diffère sur un point essentiel : il n'admet pas que l'on puisse considérer l'industrie des chemins de fer comme une autre industrie quelconque, pour des raisons qu'il va développer.

Ici M. Vauthier ouvre une parenthèse pour faire remarquer à M. Marché que si les chemins de fer constituent une véritable industrie, il faut demander que les concessions pour 99 ans deviennent perpétuelles, car on ne conçoit pas une industrie qui est limitée en temps. Si donc les adversaires du rachat sont partisans logiques de leur idée, ils doivent réclamer la substitution de concessions perpétuelles aux concessions temporaires.

M. Vauthier revient ensuite à sa démonstration; il admet qu'il y a dans les chemins de fer, dans leur construction et leur exploitation, beaucoup d'éléments industriels; mais il ajoute que la différence capitale avec toute autre industrie réside dans l'appropriation unique de l'outil. En effet, sur les routes, par exemple, circule qui veut; le chemin de fer, au contraire, n'est pas livré à tous; il est forcément réservé à un exploitant, et dirigé par une volonté unique; en un mot, il constitue un monopole. La création d'une industrie comporte bien des conditions spéciales et locales; mais rien n'empêche d'établir une industrie de même nature à côté de la première; il n'en est pas ainsi pour les chemins de fer, même dans les pays où existe la concurrence, en Angleterre, par exemple, les Compagnies voisines s'entendent, et si les choses n'en sont pas encore à ce point en Amérique, elles y arriveront nécessairement. Les chemins de fer sont donc une industrie d'une nature toute spéciale, et ceux qui la détiennent ont dans les mains un élément essentiel du commerce et de l'industrie du pays. Aussi M. Vauthier est-il d'avis que, sur toutes les grandes directions, il faut la régularité du service, il faut la fixité des tarifs, ce qui exige qu'ils soient entre les mains du gouvernement. Il sait que cette idée est peu accréditée auprès de nos Collègues, parce que l'on dit que le rachat conduit fatalement à l'exploitation par l'État, que les Compagnies fermières sont une illusion, et par ce raisonnement on ne réussit qu'à acculer l'opinion dans une impasse d'où elle ne peut sortir. Cependant un de nos Collègues, exprimant sa pensée dans un discours écrit, disait récemment: « La vie de ces opérations, si étendues, ramenée à Paris, a laissé l'action locale sans initiative, et réduite comme dans les fonctions du gouvernement au seul ressort, faible en industrie, du devoir à accomplir. L'indifférence des agents pour le public, leur zèle souvent exagéré et maladroit pour les intérêts matériels de leurs Compagnies, ont amené un antagonisme bien anormal entre ces dernières et le public; le fournisseur est en hostilité permanente avec sa clientèle! »

Puis il ajoute : « Il n'y a pas à chercher ailleurs la cause de l'accueil fait à la proposition de racheter les concessions; elle sera repoussée, il faut l'espérer, mais si des modifications profondes ne sont pas apportées aux dispositions actuelles, la proposition se renouvellera bientôt de plus en plus passionnée. »

Ainsi M. Chabrier admet que le régime actuel nécessite des modifications profondes. Puis il entre dans la conception d'un programme indiquant ce qu'il y aurait à faire pour cette réorganisation.

M. Vauthier répète ce qu'il a déjà dit à la dernière séance, que pour discuter avec fruit il faudrait se placer dans la situation du rachat opéré. Car le rachat n'est pas un but; d'après lui, c'est un moyen, qu'il y a lieu par conséquent d'étudier. Le but, c'est la réorganisation des réseaux; cette réorganisation est-elle possible sans le rachat? M. Vauthier se demande comment on pourra traiter la question complètement si l'on n'a pas le moyen d'établir une comparaison avec l'état actuel, si, enfin, on ne suit

pas la marche logique qui consiste, d'après lui, dans l'étude d'un plan de réorganisation rationnel.

A quelles conditions principales ce plan devrait-il satisfaire? M. Vauthier indique les suivants :

1° Faire de grandes lignes nationales dont la gestion soit réglée par les pouvoirs publics, sans être nécessairement soustraite à l'industrie privée, à laquelle on laisserait d'ailleurs l'initiative de la construction et de l'exploitation des lignes secondaires;

2° Grouper ces lignes de façon à former des réseaux homogènes;

3° Éviter l'exploitation directe par l'État, mais à la condition que celui-ci reste maître des tarifs sur les grands réseaux, ce qui ne serait pas essentiel pour les réseaux secondaires.

4° Constituer les lignes nouvelles de façon à les mettre le mieux possible en rapport avec les régions à desservir.

5° Rendre possible une exploitation distincte pour les lignes à grand trafic et celles à faible trafic.

M. Vauthier pense que si ce programme était admis, chacun pourrait présenter ses idées en les rattachant à l'un des points principaux de cette base de discussion.

M. LE PRÉSIDENT propose aux membres qui veulent continuer la discussion de se réunir les vendredis intermédiaires des séances, et de terminer la question aujourd'hui par le résumé qu'il a préparé.

M. LEVEL se prononce contre l'addition de séances supplémentaires qui auraient pour résultat de fatiguer l'attention toujours appelée sur un même sujet.

M. LE PRÉSIDENT croit nécessaire de ne pas prolonger plus longtemps la discussion sur une question qui dure depuis cinq mois, qu'il considère comme épuisée, et qui a déjà fait ajourner bien des communications fort en retard par ce motif.

M. LEVEL, dans le but de faciliter la clôture de la discussion, renonce à prendre la parole, et demande qu'on écoute M. Molinos qui a préparé un travail présentant pour la Société un grand intérêt.

M. MOLINOS. On a reproché à la note collective communiquée à la Société dans sa séance du 8 mars au nom d'un nombre considérable de nos Collègues, d'être surtout négative et de n'avoir pas proposé au moins en termes suffisamment nets, une solution, un système complet applicable au régime de nos nouveaux chemins de fer. Il m'a paru utile de revenir sur ce sujet et d'indiquer les conclusions personnelles auxquelles l'étude de la question m'a conduit. C'est l'objet de la courte note que je vais avoir l'honneur de communiquer à la Société. Nous soutenons que les chemins de fer doivent être construits et exploités par l'industrie privée, parce que l'intérêt est le seul mobile des efforts qui peuvent assurer une construction économique et une exploitation intelligente et active. Mais comment mettre en jeu l'intérêt

privé en présence d'entreprises qui par hypothèse pour le plus grand nombre au moins, ne pourront être rémunératrices? Vous reconnaîtrez que le problème mérite quelque attention et que la solution n'en est pas évidente, puisque, ainsi que vous allez le voir, elle n'a pas encore été donnée ; c'est la lacune que je vais essayer de combler; les conclusions de la note résument dans ses lignes générales le système qui, dans ma conviction, après des hésitations plus ou moins longues et des essais infructueux, finira par prévaloir.

Note sur la construction et l'exploitation des réseaux régionaux classés à créer.

Nous estimons en principe que les réseaux classés à créer doivent être des réseaux *régionaux* d'environ 500 à 1000 kilomètres ni trop étendus, ni trop peu importants, afin qu'ils soient assurés d'une exploitation homogène et facile.

L'examen de ces réseaux régionaux nous montre qu'ils seront pauvres, d'un faible trafic et que dès lors il est nécessaire de suivre des erremen ts nouveaux tant dans leur construction que dans leur exploitation.

En effet :

1° S'ils sont exécutés à *grande voie* sur le type de nos chemins de fer d'intérêt général, aucun d'eux ne pourra servir l'intérêt du capital de construction après avoir payé les dépenses d'exploitation.

2° Si, de plus, on leur applique les tarifs réduits des grandes lignes, il est à prévoir que, nombre d'entre eux ne paieront même pas leurs frais d'exploitation; et cependant des considérations *politiques*, *stratégiques*, *économiques*, imposent la construction de ces réseaux si peu productifs qu'ils soient pour le moment.

Nous ne reviendrons pas sur les aptitudes de l'État à construire et à exploiter ces lignes nouvelles, la lumière étant à peu près faite sur ce paradoxe économique qui paraît condamné; nous nous demanderons seulement quelles sont les conditions générales que doit remplir un bon contrat entre l'État et une Compagnie privée au double point de vue de la *Construction* et de *l'Exploitation*.

Conditions générales d'un bon contrat.

A. — *Construction.* Au point de vue de la *construction* il faut :

1° Assurer l'exécution à forfait des travaux afin de garantir l'État contre les mécomptes.

2° Intéresser le constructeur à une bonne exécution et, à cet effet, le charger de l'exploitation pendant un assez long délai; il demeurera ainsi responsable par l'entretien de toute malfaçon, de toute disposition vicieuse et incomplète; ajoutons qu'il se servira mieux que tout autre d'un instrument qu'il aura construit *à sa main* pour ainsi dire.

B. — *Exploitation.* Quant à l'exploitation les conditions sont plus complexes, mais non difficiles à spécifier; il faut:

1° Que l'exploitation soit aussi économique que possible, et cependant qu'elle donne au public une légitime satisfaction.

2° Que l'exploitant soit intéressé au développement du trafic, afin qu'il recherche activement tous les moyens de le développer.

3° Il faut que la forme du contrat soit très simple afin que les règlements de comptes avec l'État soient faciles.

4° Il faut, enfin, que le contrat n'ait pas une trop longue durée. Il n'est pas mauvais que le contractant se sente dans la dépendance de l'État, à condition que ce dernier n'abuse pas de cette situation.

Ces principes posés, il nous reste à passer en revue les différentes formes de contrat actuellement en usage, et à voir s'il en est une qui remplisse plus particulièrement les conditions nécessaires que nous venons d'exposer.

Nous ne nous arrêterons pas à la forme adoptée pour les grandes Compagnies. Ce système a en effet été conçu pour être appliqué à des réseaux riches; l'ingénieuse combinaison du déversoir ne devait, dans l'esprit de ses inventeurs, fonctionner que comme secours temporaire.

Les excédents de recettes devaient promptement couvrir les déficits. C'est bien là ce qui s'est réalisé pour quatre au moins de nos grandes Compagnies.

Mais le système du déversoir n'est pas applicable aux réseaux régionaux, qui, ne l'oublions pas, seront tous plus ou moins pauvres.

Il est inutile de nous arrêter davantage à la combinaison transitoire que le Ministre des Travaux publics a adoptée pour l'exploitation du chemin de fer de Sedan à Lérouville; et d'abord elle ne pourrait être généralisée parce que c'est un principe vicieux que de faire exploiter de nouvelles lignes à faible trafic par de grandes Compagnies dont les réseaux sont déjà bien suffisamment développés. Ensuite il n'est pas logique que l'État se borne à rembourser à une Compagnie les dépenses qu'elle a faites; la gratuité des services est une dangereuse hérésie industrielle.

Reste un autre type de contrat avec *garantie d'intérêt* c'est le contrat qui a été appliqué aux chemins de fer algériens, notamment aux lignes de Constantine-Sétif, et Bone-Guelma.

Disons tout d'abord que cette forme de contrat a réalisé un progrès très sensible sur les types antérieurs. Le principe *du forfait* y a été introduit à la fois pour les dépenses de construction et d'exploitation. Voici sommairement les bases de ce contrat : le gouvernement garantit au capital de construction un *revenu de* 6 *pour* 100, quant aux frais d'exploitation ils sont déterminés suivant un barème, savoir : au-dessous de 11,000 francs de recettes brutes 7,700 — de 11,000 à 12,000 — 70 pour 100 de la recette brute, etc., etc.

Si les recettes brutes atteignent ou dépassent le chiffre minimum de 11,000 francs, la combinaison remplit toutes les conditions posées plus haut; en effet, le forfait garantit le gouvernement contre les excédents de dépense de construction; les dépenses d'exploitation sont fixées par le barème; de plus la Compagnie est intéressée au développement du trafic.

Mais tout autre serait la situation si les recettes brutes étaient notablement inférieures au chiffre prévu de 11,000 francs, et ne laissaient pas l'espoir d'une augmentation suffisamment prochaine.

C'est là précisément le cas qui se présente pour les lignes algériennes dont les recettes brutes sont d'environ 5 à 6 mille francs par kilomètre; une Compagnie placée dans cette situation n'a d'autre chance de bénéfices que les économies à réaliser sur le minimum alloué par son barème; elle s'appliquera à réduire ses dépenses peut-être au détriment du service.

Ce qui est encore plus fâcheux, c'est que l'accroissement du trafic, dans certaines limites de recettes, devient onéreux à la Compagnie, puisqu'il augmente ses dépenses sans accroître ses recettes. Elle peut donc être tentée de l'entraver, son intérêt est contraire à l'intérêt public; c'est le caractère d'un mauvais contrat.

On peut échapper à ces graves inconvénients en modifiant légèrement le type du contrat Bone-Guelma.

Voici ce que nous croyons devoir proposer : comme dans le contrat de Bone-Guelma, le capital de construction serait fixé à *forfait*, la garantie d'intérêt fonctionnerait à un taux à débattre; les dépenses d'exploitation minimum, ainsi que l'évaluation de la recette brute initiale, seraient également prises à forfait par la Compagnie; mais il faudrait faire partir le barème du minimum à prévoir pour les recettes brutes. C'est dans ce troisième point, la modification du barème, que réside surtout l'innovation que nous conseillons d'adopter.

Prenons des chiffres pour bien faire comprendre l'économie de la combinaison.

Dans tous les cas, et si minimes que seraient les recettes, on sait que les dépenses d'exploitation les plus modestes, les plus économiques ne peuvent guère, en tenant un compte exact des charges du renouvellement de la voie, être inférieures à 6,000 francs par kilomètre.

Envisageons alors le cas où les recettes brutes prévues pour l'origine de l'exploitation, seraient inférieures à 6,000 francs, où elles seraient de 5,000 francs, par exemple, l'État devrait à la Compagnie une somme constante de 1,000 francs par kilomètre, plus le total de la recette brute jusqu'à 5,000 francs.

Si les recettes s'élevaient au delà de 5,000 francs, l'État n'abandonnerait plus qu'une proportion de l'excédent flottant entre 40 et 50 pour 100[1].

1. Ainsi en appelant A la somme allouée par l'État à la Compagnie, pour 1 kilomètre exploité, *d* la différence entre la recette brute initiale prévue R et la dépense minima d'ex-

Nous n'avons pas à nous préoccuper ici d'établir des règles pour des recettes de beaucoup supérieures à ces chiffres, mais nous disons que notre combinaison peut s'appliquer d'une façon parfaitement satisfaisante aux réseaux régionaux ; en effet, leurs recettes seront pendant de longues années notablement inférieures au chiffre de 11,000 francs, par exemple, prévu pour les chemins algériens, et notre barème donne pour ce chiffre le même résultat que celui de la Compagnie Bone-Guelma.

Avec un barème ainsi établi, la Compagnie a dès le premier jour tout intérêt à augmenter les recettes de l'exploitation, cet intérêt se confond avec ceux de l'État et du public.

Tel est, dans ses grandes lignes, et sans tenir compte des chiffres qui varieront dans chaque cas particulier, le type des contrats que nous croyons pouvoir appliquer à tous les réseaux régionaux. Ajoutons, que sans cesser de remplir les conditions nécessaires posées plus haut, ces contrats pourront prendre diverses formes.

Si l'État veut rester maître de ses tarifs, il sera toujours à même de réduire ceux qui auront été déterminés d'accord avec les Compagnies au moment d'établir les recettes brutes probables : ce serait, cependant, à la condition de tenir compte à la Compagnie de la perte que cette modification lui imposerait, car cette perte, il la subirait lui-même s'il exploitait directement le réseau ; de plus, c'est dans la discussion du chiffre de cette perte que se trouverait le frein à des réductions prématurées, excessives, et par là même dangereuses.

Cet exposé serait incomplet si nous négligions de parler des modes de constitution du capital d'établissement.

Nous avons jusqu'ici supposé que le capital d'établissement était réuni par la Compagnie, à l'aide d'une *garantie d'intérêt*, mais il peut être aussi fourni par l'État et payé seulement au fur et à mesure de l'achèvement des travaux. Dans ce dernier cas, la Compagnie se bornera à fournir un cautionnement important en garantie de l'exécution de son contrat. Nous devons avouer notre préférence pour le système de la garantie d'intérêt appliqué à un capital réuni par la Compagnie et nous l'appuyons sur de nombreuses raisons ; en voici une entre autres que nous croyons saisissante.

En cas de mécomptes sur les évaluations primitives, la perte se répartit sur le capital total d'exécution, de là, réduction plus ou moins sensible du

ploitation, E les excédents de recette possibles ultérieurement, au-delà de R, la formule serait la suivante :

$$A = d + R + 0{,}40 \text{ à } 0{,}50\ E.$$

Les sommes d et R seraient fixées à forfait dans le contrat.

Si la recette brutte prévue est égale ou supérieure à la dépense d'exploitation D, la formule devient

$$A = D + 0{,}40 \text{ à } 0{,}50\ E.$$

revenu de ce capital au-dessous du taux prévu; mais cette perte peut n'être que momentanée et se trouver couverte par des accroissements de recettes. Tandis qu'une Compagnie qui n'aurait qu'un cautionnement engagé dans l'entreprise, peut être ruinée complètement en cas de mécompte.

Supposons qu'une ligne évaluée à 200,000 francs le kilomètre arrive à en coûter 250,000. Si le capital a été réuni par la Compagnie à l'aide d'une garantie d'intérêt de 5 pour 100 par exemple, soit 10,000 francs par kilomètre; le capital recevra encore 4 pour 100 et, nous le répétons, cette moins-value d'intérêt peut n'être que passagère.

Mais si le capital a été fourni par l'État et que la Compagnie ait déposé un cautionnement considérable, soit par exemple de 10 pour 100 du montant des travaux ou 20,000 fr. par kilomètre, elle sera ruinée du coup.

Cet argument a certainement sa valeur, et il permet de conclure que les combinaisons, basées sur la garantie d'intérêt sont les plus solides et par conséquent préférables pour les deux parties contractantes; cependant comme il faut supposer des évaluations bien faites, admettre comme un principe absolu que l'État ne traitera qu'avec des concessionnaires choisis, ayant fait leurs preuves d'expérience, capables par conséquent de rectifier des évaluations erronées, il ne peut, à notre avis, suffire à faire proscrire d'une manière absolue le système des subventions. Le Parlement et le gouvernement peuvent choisir, suivant le cas, celui des deux systèmes qui leur paraîtra le plus avantageux à la condition que la forme du contrat à intervenir avec la Compagnie ne s'écarte pas des règles que nous venons de poser.

En résumé :

Nous pensons que le système de la construction et de l'exploitation des chemins de fer par l'État, doit être absolument repoussé :

1° Parce qu'il est le plus cher et le plus lent au point de vue de la construction;

2° Qu'il ne peut fournir dans l'exploitation aucun avantage, soit comme économie, soit comme service.

Qu'il est contraire aux lois fondamentales de l'économie politique, et que par conséquent, ainsi qu'il était facile de le prévoir, il a été formellement condamné par l'expérience faite en Belgique, que l'on citait justement comme l'exemple à suivre. Cet argument se retourne aujourd'hui contre ceux qui ne cessaient de l'invoquer.

Que les chemins de fer restant à construire doivent être répartis en réseaux régionaux formant autant que possible des ensembles complets d'intérêts locaux. Que pour cette répartition rationnelle il n'est nullement besoin de recourir à l'expédient extrême et radical du rachat, puisque les grandes Compagnies, ainsi que la Compagnie d'Orléans en donne l'exemple, ne font pas de difficultés à rétrocéder les fractions de leurs ré-

seaux qui seront nécessaires pour donner à ces réseaux régionaux l'homogénéité qui leur est indispensable.

Que l'exploitation de ces réseaux régionaux doit être confiée à des Compagnies, avec un barème analogue à celui dont nous avons indiqué le principe; la construction des lignes nouvelles comprises dans ce réseau, leur sera également concédée à forfait, soit avec des subventions, soit avec les garanties d'intérêt nécessaires.

En appliquant ce programme on aura résolu cette grave question du régime des chemins de fer comme elle peut l'être pour tout esprit sage; non pas avec la prétention de faire table rase et de tout reconstruire pour l'éternité, comme si en matière d'industrie il y avait des solutions définitives, comme si tous les arrangements qu'on pourra prendre aujourd'hui ne devront pas se heurter dans dix ou quinze ans à des difficultés nouvelles résultant de l'incessante modification du régime de l'industrie, et qu'il est par conséquent, quoi qu'on fasse, impossible de prévoir; mais en tenant compte des conditions actuelles du problème et en leur donnant la plus simple, la plus économique, et nous osons le dire, la seule pratique solution.

M. Love demande à ajouter quelques mots à la nouvelle communication de M. Molinos, qui lui paraît faite en partie, pour répondre à une critique amicale et officieuse qu'il avait adressée au mémoire rédigé par le groupe auquel il appartient et lue dans la séance du 5 mars.

Il avait fait remarquer, en effet, qu'en encadrant de nouveaux réseaux dans le vaste espace englobé par le réseau d'Orléans, on ne pouvait que répéter la malheureuse expérience du réseau des Charentes dans des conditions encore moins avantageuses, les territoires à desservir par ces réseaux étant moins riches et moins peuplés. Mais M. Molinos reconnaît la nécessité, tant au point de vue de l'avenir des nouvelles lignes à créer que des besoins stratégiques, de procéder tout d'abord à la constitution de grandes lignes régionales indépendantes, de l'Ouest à l'Est, et de multiplier ainsi les lignes de grand parcours, comme celle de Bordeaux à Cette, qui font défaut dans cette direction. C'est là un rapprochement sur un point important que M. Love est heureux de constater; d'autant plus que M. Molinos admet comme lui que ces grandes lignes devront, en grande partie, être constituées au moyen de tronçons appartenant aux Compagnies existantes, ce qui lui paraît devoir s'effectuer sans difficulté ainsi que l'indiquent les derniers arrangements avec le Ministre des travaux publics auxquels s'est prêtée la Compagnie d'Orléans[1]; sous ce dernier rapport M. Love

1. Cependant on peut regretter que la Compagnie d'Orléans se soit prêtée aux combinaisons de l'administration, dans ce cas particulier; car elles tendent à augmenter l'importance d'un réseau provisoire composé de lignes rachetées, et qui, dans la pensée de la Chambre, *devait faire retour à l'industrie;* et permettent à l'administration de faire sanctionner subrepticement le nom de *réseau d'État*, qu'elle a donné, sans y être autorisée, à des lignes dont elle veut s'emparer, et qui n'avaient nullement cette destination.

n'est pas davantage en dissidence avec M. Molinos; il n'a jamais dit que le rachat fut indispensable pour en arriver à une réorganisation plus ou moins étendue des chemins de fer. Il croit même que si le résultat peut être atteint par une entente amiable entre les parties intéressées, cela est préférable, parce que cela n'ouvre pas la porte à des changements qui pourraient dépasser la mesure de ce qu'il convient de faire dans l'intérêt général.

Pour terminer, M. Love demande à ajouter quelques observations de principe sur une fausse idée économique, qui est le cheval de bataille de tous ceux qui consciemment où inconsciemment se font les prôneurs de l'exploitation des chemins de fer par l'État. Cette idée consiste à vouloir que l'État soit *maître absolu des tarifs*.

On a appliqué improprement le mot *tarif* à des choses essentiellement différentes, et de cette confusion dans le mot est sortie une confusion dans les idées. Ainsi, M. Love a entendu dire par plusieurs députés et par quelques ingénieurs, que l'État étant reconnu apte à fixer les tarifs des douanes et l'assiette des impôts, l'est également pour fixer les *tarifs des chemins de fer*. C'est là une erreur qui peut avoir les plus graves conséquences. Il y a, en effet, une distinction profonde à faire entre les deux cas. L'impôt est la quote part de chacun dans les frais d'administration du pays[1]. Le gouvernement avec le concours des Chambres a seul qualité pour le fixer; parce que, seul, il peut déterminer le montant de ses dépenses; seul aussi, il a le degré d'impersonnalité qui assure la plus grande impartialité dans la répartition.

C'est là, on ne peut le nier, une *fonction gouvernementale par excellence* relativement facile à exercer, parce que l'État en a les éléments dans la main et qu'elle n'est sujette qu'à *une règle de proportionnalité* adaptée aux ressources de chacun, dont l'application ne saurait l'exposer à l'impopularité. Il en est tout autrement des *tarifs commerciaux* qui ne peuvent tenir compte de ces ressources, dont l'État ne saurait avoir les éléments à sa disposition et qui varient, suivant des circonstances locales, des rapport de l'offre et de la demande qui lui échappent complètement. Quand l'État voudra s'ingérer de règler l'un quelconque de ces éléments du prix de revient, il donnera un caractère relativement fixe à ce qui, de sa nature, doit être variable. Quelle différence avec la taxe! quel autre qu'un ennemi ou un maladroit ami de l'État peut lui conseiller de se fourvoyer dans cette bagarre! Supposons-le maître des tarifs de transports qui n'auraient qu'à gagner, dans l'intérêt général, a plus d'élasticité, et bientôt, de même que l'on a vu l'État à peu près maître des tracés des chemins de fer créer de nombreuses et mauvaises lignes électorales, on le verra gratifier de tarifs *électoraux* de gros industriels qui garderont pour eux les bénéfices réalisés

1. Les tarifs ou mieux les taxes de la douane ne sont que l'extension, dans une certaine mesure, aux producteurs étrangers, des impôts supportés par les producteurs indigènes afin d'égaliser les situations.

sur les transports. Mais les concessions à faire dans cette voie ne s'arrêteraient pas là; la plus dangereuse à laquelle il serait difficile de se soustraire serait celle réclamée par les ouvriers qui pèsent aussi d'un grand poids dans les élections et venant représenter au gouvernement qu'ayant eu le droit d'abaisser les tarifs de transport pour les patrons, il a le droit et le devoir d'élever le tarif des salaires pour les ouvriers. Il arriverait alors infailliblement tôt ou tard qu'après avoir repris tous les chemins de fer pour *être maître des tarifs*, il devrait s'emparer graduellement de toutes les industries pour être *maître des salaires*. Mais bien avant d'avoir atteint cette phase de l'évolution sociale rêvée par les clubistes de 1848, le gouvernement aurait succombé sous le poids des responsabilités qu'il aurait endossées. Car l'exemple des régimes qui se sont succédé depuis le premier empire, montre qu'ils se sont perdus, surtout, par l'excès de leurs attributions centralisatrices et les responsabilités qui en ont été le résultat; et, qu'en conséquence, il faut admettre, en principe, d'après ces expériences réitérées, que l'État doit réduire ses attributions au strict nécessaire et en particulier n'exercer aucunes fonctions industrielles ou commerciales qui appartiennent au domaine de l'initiative individuelle. Le gouvernement actuel, s'il veut accroître sa stabilité, fera donc bien d'entrer dans cette voie. Aussitôt qu'il le pourra, il prendra ses dispositions pour n'avoir plus *ni chantiers de travaux publics, ni usines d'aucune sorte, ni exploitation de chemins de fer;* et il continuera, sagement, *à propos de tarifs,* de se maintenir dans le système prudent approprié à l'inaptitude forcée de ses bureaux, de l'homologation *toujours précédée d'un consentement tacite immédiat à leur application provisoire.* Il repoussera enfin comme mauvaises, dangereuses pour l'affermissement de la République toutes propositions tendant à le faire dévier de cette direction. Ce faisant, il réduira *au minimum* ses dépenses en agents de toute catégorie, et *à zéro* les écoles coûteuses que nombre d'entre eux font tous les jours aux dépens des contribuables; et dans les économies considérables qui en résulteront, il trouvera le meilleur moyen et le premier de tous de coopérer à l'abaissement des tarifs, et consistant, ainsi qu'on l'a dit plusieurs fois dans notre Société et qu'on ne saurait trop redire, *à dégrever l'industrie des transports des énormes impôts dont il l'a surchargée.*

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président prononce le résumé suivant :

Mes chers Collègues,

Les discussions intéressantes que vous venez d'entendre dans nos dernières séances complètent bien la série des communications qui nous ont été faites depuis le commencement de l'année sur la question des travaux publics, soulevée par notre collègue Level, à propos du large programme élaboré par M. de Freycinet, pour l'achèvement des voies de transport.

Je n'abuserai pas de votre temps en cherchant à analyser dans leurs détails toutes ces communications et discussions, et me bornerai à vous faire observer que toutes, en partant de points de vue différents, aboutissent à cette conclusion sur laquelle la presque-unanimité des membres présents, paraît être d'accord, à savoir que dans l'intérêt public, comme dans l'intérêt de l'État, ni la construction, ni l'exploitation des chemins de fer, ne doivent être faites par l'État.

Il ressort en effet de nos discussions que l'État ne peut construire, ni surtout exploiter aussi bon marché que l'industrie privée.

Cette conclusion des hommes spéciaux paraît confirmée par l'histoire des chemins de fer, car sur les 280,000 kilomètres exploités en Europe et en Amérique, un dixième à peine est exploité par l'État, et encore ce sont des considérations politiques ou stratégiques, qui ont amené presque toujours ce mode d'exploitation.

Cette conclusion est conforme aux principes économiques; nous pourrions citer à l'appui les opinions des plus grands économistes; nous nous contenterons de donner celle de J.-B. Say[1], qui dit:

« Un gouvernement ne peut agir que par procureurs, c'est-à-dire par « l'intermédiaire de gens qui ont un intérêt particulier différent du sien et « qui leur est beaucoup plus cher. Si, par une conséquence de sa position « désavantageuse, il est presque toujours dupe des marchés qu'il fait, il « ne doit pas multiplier les occasions de l'être, en devenant entrepreneur « lui-même, c'est-à-dire en embrassant une profession qui multiplie à l'in- « fini les occasions de traiter avec les particuliers. »

Cette maxime, publiée longtemps avant la création des chemins de fer, est encore applicable aujourd'hui.

Ainsi, la solution de l'absorption des chemins de fer par l'État n'est pas celle qui pourrait donner satisfaction au vœu public qui réclame, non seulement l'ouverture de voies nouvelles, mais surtout l'abaissement des prix de transport, et il serait illusoire de croire que si les tarifs, au lieu d'être homologués, étaient faits par le Ministre, tous les inconvénients de la situation économique actuelle disparaîtraient.

D'autre part, notre collègue, M. Lejeune, nous a fait voir que les grandes Compagnies, après avoir baissé leurs tarifs dans des proportions considérables, eu égard à la distance moyenne de transport, pourraient difficilement les faire descendre au delà des limites actuelles, qui sont à peu près les limites inférieures auxquelles on est parvenu dans les autres contrées de l'Europe, à l'exception de la Belgique et de l'Alsace-Lorraine.

M. Marché nous a démontré par des formules ingénieuses, basées sur l'expérience des dix dernières années, que si sur les lignes de grand trafic, le tarif moyen est supérieur au prix de revient, il est loin d'en être de même pour le nouveau réseau et qu à *fortiori*, on arriverait à des résultats

1 Voir à la page 288 du tome 1er du *Traité d'économie politique*, de J.-B. Say.

encore moins favorables, si on confiait aux grandes Compagnies l'exécution et l'exploitation des lignes du troisième réseau.

L'obstacle à l'abaissement des tarifs paraît être dans les conditions imposées aux Compagnies, par leurs cahiers des charges et en partie dans les impôts dont sont frappés les transports en grande et petite vitesse.

De même que la loi de 1842 a suffi aux débuts des chemins de fer et a dû être remplacée par les conventions de 1859 et suivantes, de même ces conventions ont fait leur temps, et si l'on veut réaliser de nouveaux progrès, il faut remplacer par une formule nouvelle, intéressant davantage les Compagnies à construire et exploiter à meilleur marché, ces formules anciennes.

Mais ainsi que le disait récemment un des plus grands philosophes de notre siècle :

« On meurt aussi bien par l'absence de tout souffle révolutionnaire, que « par l'excès de révolution. »

Bouleverser ce qui existe et ce qui a fait la prospérité du pays pendant quarante ans, sans bien savoir ce qu'on mettra à la place, serait une faute grave; détruire en principe l'esprit d'initiative, en absorbant les chemins de fer par l'État sous un régime qui doit reposer plus que tout autre sur l'initiative individuelle, serait courir une aventure dangereuse pour l'avenir économique du pays.

Qu'y a-t-il à faire pour arriver au but désiré ? C'est là que commencent les difficultés et que les solutions varient.

Les uns, et on peut les compter, comme M. de Coëne et M. Vauthier, ne redoutant pas les difficultés d'un rachat même total, voudraient voir faire l'essai des Compagnies fermières, espérant arriver par là à une réduction des tarifs, dont l'État serait alors le *maître*.

Toutefois, M. de Coëne n'admet pas le système de répartition préconisé par M. Vauthier, entre ce qu'il appelle les lignes rayonnantes, qui constitueraient le réseau national et les réseaux régionaux, et demande qu'il soit créé des groupes compactes d'environ 3,000 kilomètres.

Les arguments de ces messieurs ont été successivement réfutés par un grand nombre de nos Collègues, parmi lesquels je citerai MM. Courras et Marché.

D'autres, comme notre ancien président M. Love et M. Chabrier, n'admettent l'intervention de l'État, que pour arriver à une répartition différente des réseaux existants ou projetés.

M. Love, conseille de créer un certain nombre de systèmes rayonnants et régionaux transversaux, qui seraient immédiatement concédés à de nouvelles Compagnies, de façon à réserver la construction et l'exploitation des chemins de fer *exclusivement à l'industrie privée*.

Un groupe très important de membres de notre Société, propose la revision des conventions entre l'État et les grandes Compagnies, pour les lignes anciennes, dans le but de leur permettre une exploitation plus *commerciale*

et *moins coûteuse*, et la création de Compagnies *régionales*, auxquelles seraient confiées l'exécution et l'exploitation des lignes restant à construire, en leur accordant le concours financier nécessaire pour les soustraire aux désastres, dont le plus grand nombre des anciennes petites Compagnies a été frappé.

Cette proposition a été complétée dans la séance de ce jour, par notre ancien président M. Molinos, à l'opinion duquel M. Love a déclaré se rallier au dernier moment.

Enfin, notre collègue Cotard, dans deux communications très intéressantes et remplies de résultats numériques, admet que dans l'ensemble des travaux publics projetés, une plus large part devrait être faite au développement des voies navigables, pour le transport à grandes distances des marchandises pondéreuses.

C'est, suivant lui, le seul moyen d'abaisser les prix de transport, et par conséquent d'arriver à des réductions de tarif, qui ne soient pas onéreuses pour le pays.

Tel est, en peu, de mots le résumé des communications, qui vous ont été faites sur la question des voies de transport et leurs prix de revient.

Ces communications, pleines d'arguments précieux, ont été suivies de discussions intéressantes que, suivant moi, il n'y a pas lieu, pour le moment du moins, de pousser plus avant d'autant que nos statuts s'opposent à ce que nous puissions en dégager l'avis officiel de la Société.

Tout en laissant ouverte d'une façon permanente une question appelée à jouer un si grand rôle dans l'avenir économique du pays et des sociétés modernes en général, je demanderai à mes Collègues la permission de passer dans les séances suivantes à l'examen de communications d'un ordre différent.

Ces communications, que nous avons dû remettre pour aller au plus pressé, s'accumulent et méritent également, à d'autres point de vue, l'attention de notre Société.

Toutefois et bien que la question des chemins de fer me paraisse pour le moment épuisée, je ne voudrais pas encourir le reproche de chercher à étouffer la discussion; je propose donc, à ceux de nos Collègues, que cela pourra intéresser de la reprendre les vendredis intermédiaires des jours de séance.

Je soumets en outre à leurs méditations cette autre proposition, d'imiter ce qui ce passe dans la plupart des Sociétés savantes anglaises, voire même dans quelques Sociétés françaises, en tenant, pendant la période des vacances, une session ou congrès en Belgique, puis en Hollande, pour y à étudier d'une façon *pratique*, les avantages et inconvénients de l'exploitation par l'État, d'une part, et par des Compagnies fermières de l'autre.

Les procès-verbaux et rapports auxquels ces séances extraordinaires

donneraient lieu, seraient, en rentrant, déposés dans les archives de la Société et pourraient fournir matière à une communcation, qui lui permettrait de rentrer utilement dans une discussion épuisée aujourd'hui.

MM. Bernstein, Brotherhood, Cahen, Camus, Collange, Fousset, Malissard, Meissirel, Mettey, Néri, Sauvée, Verdavaine, Yrazusta, ont été reçus comme membres sociétaires et MM. Laveissière (Joseph), Valère Mabille, Pereire (Gustave) et Pierrard, comme membres associés.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Chauffage pour voitures de chemins de fer, système Lilliehook. — Le tunnel de l'Hudson. — Essai de l'acier aux basses températures. — Bac à vapeur pour chemins de fer. — Épreuves des câbles télégraphiques sous-marins. — Frein restituteur pour tramways.

Chauffage pour voitures de chemins de fer, système Lilliehook. — On emploie, en Suède, pour le chauffage des voitures de chemins de fer le système Lilliehook; c'est un véritable chauffage à air chaud où l'air est chauffé, avant de pénétrer dans les compartiments, par son contact avec des tubes où circule de la vapeur fournie par la locomotive ou par une chaudière spéciale installée dans un fourgon. Ce système permet le renouvellement de l'air, l'air vicié s'échappant par les ventilateurs disposés au-dessus des portières et étant remplacé par l'air chaud introduit par des bouches de chaleur disposées sous les banquettes et que les voyageurs peuvent fermer à volonté, de manière à régler très facilement la température.

Le tube de chauffage est muni de rondelles circulaires pour augmenter la surface de contact avec l'air, il peut être en fonte ou en fer; il est placé longitudinalement sous le plancher de la voiture dans un coffre en bois où l'air extérieur est introduit par un certain nombre de trous inférieurs. Les ouvertures des bouches de chaleur sont, au contraire, dans le plancher, c'est-à-dire à la partie supérieure du coffre. Aux extrémités du tube sont des soupapes de purge à manœuvre automatique. Le principe en est extrêmement simple, elles sont maintenues sur leur siège par la pression de la vapeur et se relèvent par l'effet d'un ressort dès que la pression intérieure cesse; de cette manière il est impossible qu'il reste de l'eau après la cessation du service, cette précaution est indispensable dans les pays très froids pour éviter les ruptures. Les raccords entre les voitures sont opérés au moyen de tuyaux de caoutchouc. La pression de la vapeur ne doit pas dépasser 3 kilogrammes par centimètre carré; aussi dans le cas où on prend la vapeur à la machine, emploie-t-on une soupape de réduction de pression.

L'appareil complet pour une voiture, composé du tube de chauffage avec ses soupapes de purge, d'un tube de jonction avec raccords à vis, des bouches de chaleur avec registre, coûte, droits de brevets compris, 700 francs.

Le système Lilliehook a été employé d'abord, dès 1876, sur la ligne de

Gefle et Dala, et peu après sur celle de Ystad et Eslof. Il paraît avoir donné toute satisfaction.

Sur le premier de ces chemins de fer, on a constaté pendant l'hiver de 1876-1877 une dépense de 2 centimes par voiture-kilomètre, en comptant 15 pour 100 par an pour l'usure des appareils pour un nombre total de 470,000 voitures-kilomètres; mais l'ingénieur de la ligne fait observer que cette dépense est exagérée par suite d'un hiver exceptionnel et qu'elle pourrait être, dans une pratique plus prolongée, de beaucoup abaissée.

L'ingénieur de la seconde de ces lignes formule, dans son rapport, les conclusions ci-après :

1° Le poids de l'appareil n'est pas assez considérable, 290 kilogrammes par voiture, pour être gênant; il est, de plus, réparti régulièrement sur la longueur;

2° On n'a eu encore aucune réparation à faire aux chaudières (chaudières spéciales) ou aux tubes de chauffage et aux soupapes;

3° Les raccords en caoutchouc n'ont donné lieu à aucun entretien;

4° La surface des tubes et la surface de chauffe des chaudières sont bien proportionnées. Les chaudières, qui sont à foyer intérieur avec deux bouilleurs croisés, ont une surface de chauffe de 3 mètres carrés; elles sont faciles à nettoyer. Elles fournissent assez de vapeur pour chauffer le nombre ordinaire de voitures des trains et élever la température à 25 degrés. On doit faire observer toutefois que la température de l'air extérieur est rarement descendue à moins de 8 degrés au-dessous de zéro;

5° La consommation de combustible est d'environ 1/5 d'hectolitre de coke par heure;

6° La chaleur est très facile à régler. Les tubes ne courent aucun risque par la gelée, les soupapes de purge étant disposées de manière à s'ouvrir dès qu'on cesse le chauffage et à rester ouvertes jusqu'à ce que la vapeur revienne dans les tubes;

7° Ce mode de chauffage est fort apprécié des voyageurs à cause du renouvellement d'air qu'il assure. Avec un peu d'habitude, les chauffeurs arrivent à maintenir une température régulière dans les voitures;

8° En résumé, le système Lilliehook possède une supériorité réelle sur les autres systèmes employés sur cette ligne, soit au point de vue du prix d'établissement, soit à celui des dépenses de service.

Nous avons sous les yeux un certificat de M. Almgren, Ingénieur en chef du matériel des chemins de fer de l'État suédois, qui indique que le système Lilliehook a été jusqu'ici (février 1880) adapté à 170 voitures des chemins de fer de l'État et qu'on a l'intention de l'employer pour toutes celles qui pourront être construites pour les mêmes chemins de fer.

Le tunnel de l'Hudson. — On travaille activement au tunnel destiné à relier Jersey City et New-York en passant sous l'Hudson, et on peut espérer que dans trois ans au plus les trains qui s'arrêtent actuellement à la première de ces villes pénétreront jusque dans Broadway, à raison de quatre

nant a donné le 19 février dernier, à la Société scientifique industrielle de Marseille, une conférence sur les épreuves électriques auxquelles sont soumis les câbles télégraphiques sous-marins pendant leur construction, leur pose et la durée de leur exploitation, question qui empruntait un intérêt d'actualité à l'immersion du câble entre la France et l'Algérie.

Les épreuves portent surtout :

1° Sur la conductibilité du cuivre conducteur ;

2° Sur l'isolement du dielectrique ou enveloppe isolante ;

3° Sur la charge d'électricité absorbée par le conducteur isolé ;

4° Sur l'épreuve d'isolement des jointures ;

5° Sur la position et la grandeur des fautes.

On a adopté une température étalon pour toutes ces épreuves, soit 24 degrés centigrades ou 75 Fahrenheit. Durant la fabrication toutes les épreuves se font à cette température et celles qui se font ensuite sur les câbles submergés sont ramenées par le calcul aux valeurs obtenues à cette température étalon pendant la fabrication.

On fait aussi toutes les épreuves de construction sur les sections du câble immergées dans de grandes cuves remplies d'eau en ayant soin de mettre les réservoirs en fer en bonne communication avec la terre.

Les appareils employés pour la conductibilité sont : un galvanomètre à miroir de sir William Thompson, une caisse de résistances variées allant de 1 à 10,000 ohms et formant, avec le câble et deux résistances égales ou en proportions décimales, un pont ou balance de Wheatstone.

Pour l'isolement du dielectrique, une pile et le galvanomètre Thompson suffisent, on applique la ligne et la pile aux deux bornes du galvanomètre. L'extrême bout du câble doit évidemment être soigneusement isolé dans ce cas, tandis que l'autre pôle de la pile va à la terre.

Pour l'épreuve de la charge, on compare la capacité du câble, indiquée par le jet de l'aiguille du galvanomètre, à celle d'un condensateur de mesure déterminée et généralement à peu près égale en capacité à celle d'un mille nautique du câble sur lequel on expérimente.

Le tiers d'un microfarad représente cette valeur.

Il est aussi d'usage de vérifier la perte de charge que subit le câble pendant 60 secondes et pourvu que cette perte n'excède pas 3 à 4 pour 100 de la charge originelle, on en conclut à la bonne qualité de l'isolement.

Cette épreuve corrobore la mesure de l'isolement du dielectrique par la méthode numéro 2.

L'épreuve de l'isolement des jointures de gutta-percha ou de caoutchouc se fait également au moyen du condensateur qui agit dans ce cas comme accumulateur de la perte qui se produit sur le joint contenu dans un réservoir isolé, dont la masse d'eau aboutit au condensateur au moyen d'une plaque et d'un fil isolé. La charge accumulée au bout de 60 secondes est déchargée à la terre à travers le galvanomètre Thompson et si elle ne dé-

passe pas celle qui se produit sur une longueur de douze pieds de fil normal, on en conclut que le joint a été bien fait et il est accepté.

La position des fautes dans la fabrication est toujours facile à déterminer puisque l'on dispose des deux extrémités du conducteur.

Il y a plusieurs méthodes qui permettent de déterminer avec précision le point fautif.

Ces méthodes s'appliquent aussi aux câbles submergés, à plusieurs conducteurs ou à ceux qui se trouvent en double sur le même parcours ; mais il est nécessaire, dans ce cas, de déterminer au préalable la faute résultant des deux câbles réunis.

Lorsque les deux extrémités du câble fautif se trouvent séparées par la distance, il peut se faire que la rupture donne une communication parfaite à la terre, auquel cas la résistance métallique du conducteur ou sa conductibilité indique la longueur proportionnelle du câble en circuit et, par suite, la distance de la faute à partir du point d'attache. Presque toujours la communication à la terre, au point fautif, est tellement imparfaite que la résistance de la faute, s'ajoutant à celle du conducteur cuivre, introduit un nouvel élément dans le calcul. Les variations que l'électrolyse fait subir à cette résistance anormale sont tellement grandes, qu'il est souvent difficile d'éliminer complètement cette inconnue. Pourtant de nombreuses épreuves prises à chaque extrémité, avec une pile faible dont on renverse fréquemment le sens, permettent, en isolant et en mettant alternativement l'autre extrémité du câble à la terre, d'obtenir des résultats qui, introduits dans une formule due à M. Blavier, permettent d'éliminer l'inconnue variable qui représente la résistance proportionnelle à la faute elle-même.

M. Ternant explique ensuite les connexions établies à bord des navires de pose et au point d'attache. Les connexions ont pour but de vérifier à chaque instant l'isolement et la continuité du fil submergé, de même qu'elles permettent des communications permanentes entre les deux extrémités.

Il examine ensuite le système Duplex ou télégraphie double introduit sur les lignes sous-marines de la Compagnie *Eastern Télégraph* depuis l'année 1875. Ce système basé sur l'emploi de la balance Wheatstone a pour but de maintenir en équilibre instable, au moyen de la pile, l'appareil récepteur des stations extrêmes. Dès que les courants provenant des stations opposées détruisent cet équilibre, chaque appareil se meut sous l'influence de cette cause disturbatrice et enregistre les signaux transmis par la station opposée, tout en conservant l'état de balance instable dû au courant.

(*Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille.*)

Frein restituteur pour tramways, système Bell. — On vient d'essayer à Londres, sur le tramway de Blackfriars Road, un appareil destiné à faciliter le démarrage des voitures de tramways, en rendant à ce moment la puissance détruite par l'action du frein lors de l'arrêt ; cet appareil est désigné en anglais par l'expression de *restarter*. Le principe consiste à avoir un ressort en spirale enroulé autour de l'essieu et que celui-ci

tend lorsqu'on veut arrêter; la résistance du ressort sert de frein. Lorsqu'on veut partir, on dégage un cliquet qui laisse agir le ressort lequel, en se détendant, pousse la voiture en avant et vient en aide aux chevaux. Les essais ont été faits sous le patronage de la Société pour la protection des animaux, et son emploi paraît devoir diminuer la fatigue que les chevaux éprouvent au démarrage, où ils doivent développer instantanément un effort très supérieur à l'effort normal nécessaire pour la traction.

(*Iron*).

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 3 mai 1880.

Note de M. Raoul Pictet sur une équation générale donnant la relation qui existe pour tous les liquides entre leur température et la tension maximum de leurs vapeurs à cette température.

L'auteur tire directement de la théorie mécanique de la chaleur cette équation sous une forme finie dont l'intégration complète a été possible; elle contient la totalité des équations d'interpolation de Regnault pour tous les liquides volatils connus, c'est-à-dire qu'elle donne la tension maximum d'une vapeur quelconque à n'importe quelle température. On prend pour point de départ le travail d'une vapeur produite dans une chaudière, sous une certaine pression, et se détendant, dans un cylindre maintenu à une température constante, de la pression initiale à une pression inférieure. Les vapeurs, au sortir du cylindre, entrent dans un échangeur de température qui emmène à la chaudière le liquide condensé dans un réservoir maintenu à une température inférieure à celle du cylindre. Les vapeurs sont ensuite liquéfiées dans un condenseur. On a un cycle fermé et le liquide est, au commencement et à la fin, en poids égal et dans les mêmes conditions de température et de pression.

On calcule les quantités de chaleur à fournir, quantités qui se divisent en trois parties :

1° La chaleur de volatilisation du liquide;

2° La chaleur fournie par les parois du cylindre;

3° La chaleur nécessaire pour ramener le liquide sortant de l'échangeur à la température initiale,

et en évaluant le travail produit en kilogrammètres, travail qui se décompose en :

1° Travail de la vapeur à pleine pression ;

2° Travail de la vapeur pendant la détente;

3° Retour du piston (travail négatif).

on arrive, par des calculs dont la note ne donne elle-même que le résumé, à une relation générale entre la pression variable et la température correspondante pour tous les liquides, ceux-ci étant définis par la température correspondant à la pression égale à celle de l'atmosphère.

Si on calcule par cette formule les pressions correspondantes à des températures diverses pour la vapeur d'eau, on trouve une coïncidence très complète avec les valeurs données par Regnault. Il en est de même pour le sulfure de carbone, la benzine, l'acide sulfureux, l'ammoniaque, l'éther sulfurique, et pour tous les liquides pour lesquels on peut avoir des paramètres précis. Dans toute l'étendue des vérifications expérimentales, l'accord a été complet comme pour l'eau.

Séance du 10 mai.

Note de M. Maurice Levy, sur le nouveau siphon établi sur le canal Saint-Martin et sur les travaux d'assainissement du quartier de Bercy.

La question à résoudre était la suivante :

1° Les égouts de Bercy, qui se déversaient précédemment en Seine, étaient, dans plusieurs de leurs parties, plus bas que le collecteur dans lequel on devait les recueillir ;

2° Ils étaient séparés de ce collecteur par le canal Saint-Martin, qu'il fallait franchir.

L'extrême variabilité du régime des égouts, dont le débit peut décupler en quelques heures, à la suite de grands orages, eût rendu le fonctionnement d'une machine élévatoire difficile et dispendieux.

On a résolu la première question en conduisant, par des artifices de construction, les eaux ménagères et fluviales du quartier jusqu'au bord du canal Saint-Martin, au niveau même du collecteur qui devait les recevoir; mais, au lieu de passer en dessous par un siphon, comme au pont de l'Alma, M. Maurice Levy a établi ce syphon en dessus avec 8 mètres de flèche, de sorte qu'on a pu l'amorcer au moyen d'une trompe alimentée par une conduite d'eau sous pression. Cette trompe continue ensuite à maintenir l'amorçage. Cette disposition a très bien réussi. Le siphon en dessus est plus simple à établir, les matières solides tendent à se maintenir aux points bas du tube, de sorte qu'il n'y a pas à se préoccuper du nettoyage. La dépense d'eau est de 300 à 350 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures; c'est une dépense insignifiante, comparée à ce qu'eussent coûté le combustible, le personnel et l'entretien de machines élévatoires.

Le siphon fonctionne avec succès depuis le 10 mars et, fait remarquable, tandis que des pompes élévatoires eussent pu devenir impuissantes à la suite de grandes averses, les trompes, au contraire, deviennent inutiles dans ce cas. Dès que les siphons débitent plus de 1^{mc},200 à 1^{mc},500 par seconde, la vitesse de l'eau est telle qu'elle entraîne elle-même les gaz qu'elle dégage, en sorte que les siphons n'ont plus aucune tendance à se désamorcer.

ANNALES DES MINES.

1er NUMÉRO DE 1880.

L'**éclairage électrique aux ardoisières d'Angers**, par M. BLAVIER. — Les ardoisières d'Angers ont jusqu'ici employé le gaz pour l'éclairage de leurs chantiers souterrains. La consommation des diverses usines s'élève en moyenne à 1,200 tonnes de houille par an, représentant 240,000 mètres cubes de gaz.

La dépense pour une chambre comme la N° 10 de la Société des Fresnais peut s'évaluer à 46,50 fr. par jour de 22 heures, et si on ajoute l'éclairage à l'huile dont on ne peut pas se dispenser pour le chantier souterrain, on trouve une dépense totale de 55 fr. par jour pour 80 à 90 ouvriers et une production moyenne de 100 milliers d'ardoises.

Après divers essais et tâtonnements, on est arrivé à employer la lumière électrique dans les conditions suivantes :

Une machine à vapeur de 16 chevaux nominaux avec deux chaudières actionnera 6 machines Gramme, qui éclaireront les trois chambres souterraines de la carrière des Fresnais. Provisoirement, on n'emploie que deux machines Gramme avec trois régulateurs Serrin dont un de rechange qui éclairent la chambre N° 10 de la carrière, chambre dont la superficie est de 2,000 mètres carrés.

La lumière est très fixe et rend tout travail possible sans le secours de lampes à l'huile.

La dépense ne dépasse pas 50 francs par jour, y compris l'amortissement à 10 pour 100 d'un capital de 20,000 francs, et la dépense d'huile pour la descente des ouvriers, au lieu de 54 francs.

Bulletin des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur pendant l'année 1878. — Il y a eu en 1878, 35 accidents ayant causé la mort de 37 personnes et des blessures plus ou moins graves à 31. Ces accidents se répartissent comme suit par nature d'appareils : Chaudières à foyer extérieur, horizontales, 12; verticales, 2; chaudières à foyer intérieur, horizontales tubulaires, 9; verticales tubulaires, 1; récipients, 11.

Note sur la mine de mercure du Siele (Toscane), par M. PETITON, ingénieur.

Notice nécrologique sur M. Charles Couche, inspecteur général des mines, par MM. RESAL, ingénieur en chef et VICAIRE, ingénieur ordinaire des mines.

Extraits de géologie pour les années 1877 et 1878, par MM. DELESSE et DE LAPPARENT.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

AVRIL 1880.

Canal de la Marne au Rhin. — Exhaussement à deux mètres du mouillage, mémoire, par MM. PICARD et BRUNIQUEL, ingénieurs des ponts et chaussées. — Le canal de la Marne au Rhin est une voie de premier ordre, son trafic annuel kilométrique a atteint 600,000 tonnes en 1877 et le mouvement de ses ports s'est élevé à 1,500,000 tonnes dont 1,200,000 dans le seul département de Meurthe-et-Moselle. L'augmentation du mouillage à deux mètres est déjà accomplie dans une partie et est en voie de réalisation pour le surplus. On a procédé par voie d'exhaussement du plan d'eau, ce qui présentait moins de difficultés que l'abaissement du plafond.

Le relèvement du plan d'eau comporte :

1° Le relèvement de la cuvette et des ouvrages qui s'y rattachent;

2° Celui des passages supérieurs;

3° Le développement des ressources alimentaires pour faire face au supplément de dépenses résultant de l'augmentation des pertes par filtration.

L'exhaussement de la cuvette a coûté en nombre rond 8,700 francs par kilomètre, frais généraux compris. Le travail a été opéré sans chômage spécial et, pour ainsi dire, sans interruption et même sans gêne pour la navigation.

Les passages supérieurs se composaient de onze ponts sur écluses à une voie de voiture, quatre ponts sur écluses à grande largeur, seize ponts suspendus isolés, un certain nombre de petits ponts en bois et en maçonnerie, des ouvrages spéciaux parmi lesquels une batterie casematée de la place de Toul, un pont en fonte et bois à Frouard, un du même système à Nancy, et enfin trois ponts sous le chemin de fer de l'Est. La dépense du relèvement des passages supérieurs peut être évaluée à 6,500 francs par

kilomètre, ce qui porte à 15,000 francs la dépense de l'exhaussement du mouillage par kilomètre.

Le maximum des ressources à créer pour l'insuffisance de l'alimentation du canal a été évalué à 8 millions de mètres cubes par an correspondant à 750 litres par seconde. On a obtenu ces ressources au moyen d'usines hydrauliques de 850 chevaux de force, établies près de Toul sur la Moselle et refoulant l'eau à 40 mètres de hauteur, d'une usine à vapeur de 250 chevaux établie à Vacon, du réservoir de Paroy, qui a été décrit dans un mémoire publié dans le numéro de février des *Annales*, et, enfin, d'un réservoir établi dans le bassin de la Haute-Meuse. Le coût total de ces travaux est de 4,713,000 francs, mais une partie seulement 1,870,000 fr. doit être imputée au compte de l'exhaussement du mouillage, c'est donc une dépense de 9,000 francs en nombre rond par kilomètre de canal.

La conclusion est que ce travail coûtant 24,000 francs par kilomètre, ce qui correspond à un intérêt annuel de 1,200 francs, permet de porter le tirant d'eau des bateaux de $1^{m},05$ à $1^{m},80$, ce qui augmente le déplacement des 2/5, et réduira le prix du fret de 1/3, soit de $0^{f},006$ par kilomètre. Le tonnage actuel étant de 600,000 tonnes, l'économie kilométrique sera de 3,600 francs, le triple de la dépense. Il en résultera un avantage pour les entrepreneurs de transport, pour les industriels et, par suite de l'accroissement de la fréquentation, une augmentation des revenus de l'État.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

MARS 1880.

DISTRICT DU NORD.

Séance du 16 novembre 1879.

Communication de M. MARTIN, sur les **Chevalements en fer pour puits d'extraction.**

Communication de M. MALISSARD, sur le **Transport par chaîne flottante d'Aïn-Sedma.** — La mine est à 6 kilomètres de la mer à vol d'oiseau, et à $706^{m},65$ d'altitude. La longueur du tracé est de 7,160 mètres, et la différence de niveau de $698^{m},57$. Il y a dix alignements droits de 200 à 2,000 mètres de longueur. La pente moyenne est de 15,5 pour 100. On emploie un frein à ailettes pour modérer la vitesse.

La voie a $0^m,550$ de largeur, elle est établie en rails d'acier de $6^k,7$ par mètre.

Les berlines au nombre de 700, contiennent chacune 500 kilogrammes de minerai. La chaîne est de divers calibres variant de 19 à 24 millimètres, il y en a 150 tonnes. La vitesse étant maintenue à $0^m,80$ par seconde ou 3 kilomètres à l'heure, on peut transporter 60 tonnes de minerai à l'heure.

On a établi une estacade d'embarquement en fer, qui s'avance de 160 mètres dans la mer, et qui est formée de deux poutres en treillis supportées tous les 25 mètres, par des pieux à vis en fer. Le système à chaîne flottante a été décrit avec beaucoup de détails par M. Brüll, dans une des séances du Congrès du Génie civil, en 1878.

Comparaison entre la dynamite et la poudre comprimée, par M. Micand. — Les conclusions de l'auteur sont que dans l'essai comparatif fait entre les deux explosifs pour le creusement d'une bowette, on n'a trouvé de bénéfice ni en temps ni en argent, dans l'emploi de la dynamite; mais il fait remarquer que les ouvriers exercés à manier la poudre comprimée n'avaient aucune expérience de la dynamite, et que néanmoins on était arrivé à peu près au même prix, il est donc permis de croire qu'avec des ouvriers plus habitués, et des prix moins élevés de la dynamite (elle avait été payée $7^f,60$ le kilogr.) on trouverait un avantage à l'emploi de celle-ci.

Nouveau mode de boisage des galeries, par M. Daburon.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 6 mars 1880.

Communication de M. Pourcel, sur la **Déphosphoration au convertisseur Bessemer basique.** — M. Pourcel rappelle la communication faite par M. Masseney, à la réunion de décembre de l'Union technique des maîtres de forges, sur les essais faits aux aciéries de Hoerde, en Westphalie. Cette communication a été donnée par M. Gautier, dans la séance du 9 janvier 1880, de la Société des Ingénieurs civils. M. Pourcel est d'accord avec l'auteur sur la composition des fontes, qui doivent le mieux répondre à la solution pratique du procédé Thomas et Gilchrist; il admet bien que la teneur en silicium peut aller à 1 pour 100 et la teneur en phosphore à 1 1/2 et 2 pour 100, autant que le comportent les minerais employés, mais il ne va pas jusqu'à accepter qu'il faille ajouter du phosphure de fer, pour accroître la capacité calorifique au convertisseur. Il est préférable d'assurer cette capacité par une teneur en manganèse en rapport avec celle en silicium suivant les équivalents : $Si\,Mn^3$ ou $Si\,Mn^5$.

Les expériences de Hoerde sont un grand pas fait pour la réalisation pratique du procédé Thomas et Gilchrist. On y a élucidé la partie théorique du procédé, la nature du garnissage, l'addition à faire à la fonte, pour préserver le garnissage d'une usure trop rapide. On a obtenu des résultats

importants; mais M. Pourcel ne croit pas qu'on doive conclure avec M. Masseney, que le phosphore joue un rôle calorifique considérable et qu'il faille élever à dessein sa teneur dans les fontes.

Statistique résumée du bassin de Rive de Gier, par M. Meurgey. — La production par ouvrier a été de 161 tonnes en 1879.

Les salaires ont été en moyenne de 4 fr. 22 c. par journée d'ouvrier, l'extraction totale 723,000 tonnes, le charbon de service 12,3 pour 100, et l'eau épuisée 6,4 fois le poids du charbon extrait. Il y a eu un ouvrier tué pour 181,000 tonnes extraites et un blessé pour 60,000.

Communication sur la **Lumière électrique Edison**, par M. Brustlein.

Communication sur la **Modification de la ténacité des fils d'acier immergés dans des liquides acides**, par M. Brustlein. — M. Brustlein donne les résultats de quelques expériences qu'il a faites sur des fils d'acier de divers numéros en recherchant le nombre de fois qu'on pouvait les plier sans les rompre; ce nombre de fois est réduit, si on immerge les fils dans de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, et la réduction augmente avec la durée de l'immersion.

Avec de l'acide chlorhydrique, la durée de l'immersion doit être plus longue pour obtenir des effets sensibles.

Avec l'acide azotique, malgré l'énergie de l'action, il n'y a pas d'effets sensibles, on peut donc conclure que la diminution de ténacité tient à l'absorption par le métal de l'hydrogène naissant, d'autant plus que le professeur Hugues, qui a appelé l'attention sur cette question, a constaté qu'en chauffant au rouge les fils, on leur rendait leur première ténacité. L'hydrogène serait donc à classer parmi les corps dont la présence rend les aciers cassants.

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS.

Emploi des machines à pression d'eau dans les mines, par M. H. Davey. — L'emploi de l'eau comme force motrice peut jouer dans les mines un rôle plus important qu'on ne le croit généralement, pour l'extraction de l'eau du fond, pour celle des produits de la mine et pour faire fonctionner diverses machines. On peut admettre que dans un pays comme l'Angleterre où on peut compter sur une hauteur annuelle en eau de plus de 1 mètre, dont $0^m,75$ utilisable, un kilomètre carré de terrain fournira une force motrice de trois chevaux par 10 mètres d'élévation moyenne.

L'auteur décrit un certain nombre de machines à simple ou à double effet attelées directement à des pompes ou actionnant des manivelles à angle droit. Une de ces dernières employée comme machine d'extraction a deux cylindres à double effet de $0^m,440$ de diamètre, $0^m,400$ de course et fait 19 1/2 tours par minute, la distribution se fait au moyen de soupapes équilibrées commandées par une coulisse de changement de marche. On s'est beaucoup préoccupé de l'emploi des machines à pressions hydrauliques et on a cherché de diverses manières à remédier à l'inconvénient capital qu'elles présentent, soit de ne pas permettre de proportionner le volume d'eau motrice à la résistance à vaincre, ce qui rend souvent leur emploi dispendieux dans le cas d'un travail variable. On y est arrivé, soit en faisant varier automatiquement la course du piston moteur selon la résistance, soit au moyen de la variation de vitesse dans les transmissions intermédiaires. Dans les machines à rotation on y arrive très simplement en employant une distribution qui permette de varier la période de l'admission de l'eau pendant la course comme on varie celle de la vapeur dans les machines à détente variable, et en ayant soin de pourvoir les extrémités du cylindre de soupapes d'aspiration laissant rentrer l'eau d'une bâche; dès lors, dès que l'eau motrice cesse d'arriver, le vide qui tendrait à se faire est rempli par de l'eau sous pression. Avec l'emploi de trois cylindres agissant sur des manivelles faisant des angles égaux entre elles, on peut varier dans des limites considérables la période d'admission sans affecter la régularité de la rotation de l'arbre.

A notre époque qu'on peut appeler *l'âge de la vapeur*, on néglige peut-être un peu trop l'emploi des forces hydrauliques qui peuvent donner lieu à de nombreuses et intéressantes applications auxquelles elles ne paraissaient pas devoir *à priori* se prêter facilement.

Les voies de tramways au point de vue de la traction mécanique, par M. Larsen. — Les tramways introduits à Londres en 1869 se sont étendus au point qu'on peut compter actuellement dans le district métropolitain seulement, 106 kilomètres concédés, dont 90 en exploitation, représentant 200 kilomètres de simple voie, dont 170 en exploitation. On peut admettre que la longueur totale réduite en simple voie des tramways du Royaume-Uni est actuellement de 850 kilomètres concédés, dont 660 en exploitation.

L'auteur fait observer qu'il se passe pour les tramways ce qui a eu lieu à l'origine des chemins de fer; les premiers, dits *trams*, d'où est venu le mot de *tramway*, employés dans les mines étaient établis assez solidement pour la traction par chevaux ou mules, mais lorsqu'on a employé des machines il a fallu employer des voies plus résistantes. Le mémoire contient la description de divers systèmes de voies qu'il serait impossible de faire comprendre sans le secours de figures. Voies Larsen, Barker, Gowan, Aldred, Winby, Mackisson, etc.

L'auteur combat l'emploi du bois dont l'élasticité est nuisible, en dehors

des questions de durée, il conseille l'emploi de voies uniquement métalliques.

La traction mécanique sera de plus en plus employée, mais, dans l'opinion de l'auteur, sous forme de traction à vapeur, car il pense que si l'air comprimé a presque toutes les qualités, il lui manque justement celle qui peut rendre son usage possible, l'économie. La même objection s'applique à la machine sans foyer, quoique peut-être à un moindre degré.

Quant à la résistance à la traction sur les voies de tramways, l'auteur a fait en 1870 une série d'expériences dynamométriques, d'où il a conclu qu'à niveau et en ligne droite avec des conditions favorables, l'effort de traction pouvait être évalué à 8 kilogrammes par tonne. S'il est permis d'espérer réduire cette résistance, on ne peut compter la faire descendre jamais à l'égal de la résistance sur les voies de chemins de fer à cause de la disposition imposée nécessairement par le voisinage de la route.

L'éclairage électrique, par le docteur JOHN HOPKINSON. — Ce mémoire est la suite d'un premier travail lu par l'auteur en avril 1879, et donne des détails sur les résultats obtenus depuis cette époque, soit avec les machines, soit avec les lampes.

Nous nous bornerons à reproduire quelques considérations de l'auteur sur ce qu'il appelle le rendement de l'arc électrique. Les conditions électriques d'un arc sont définies par le courant et par la différence de potentiel à l'extrémité des charbons, le rapport $\frac{\text{différence de potentiel}}{\text{courant}}$ représente la résistance de l'arc, c'est-à-dire la résistance qui remplacerait l'arc sans changement sur le courant. Le produit de la différence de potentiel par le courant est le travail développé, et le rapport de ce travail au travail de la machine est le rendement. La différence de potentiel sur les deux charbons peut être mesurée par la méthode donnée dans le mémoire précédent, par un électromètre ou autrement. Le courant peut être mesuré par un galvanomètre d'Obach, par un électro-dynamomètre convenable ou mieux en faisant passer le courant sur son passage vers l'arc par un circuit présentant une résistance connue.

Avec des charbons ordinaires à la pression atmosphérique moyenne, on ne peut obtenir d'arc avec une différence de potentiel plus faible que 20 *volts;* et on peut compter en moyenne pour un arc de 6 millimètres de longueur 30 à 50 *volts*.

On peut donner la règle suivante pour apprécier le rendement d'un système d'éclairage à arc voltaïque. Mesurer la différence de potentiel en *volts* et le courant en *webers*, le produit divisé par 746 donne le travail employé. On sait que la différence entre ce travail et le travail absorbé par la machine électrique est perdue et ne sert qu'à chauffer le fer de la machine ou le cuivre des conducteurs.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

MARS 1880 (*Suite*).

Note sur les questions soulevées par le projet d'augmentation du tirant d'eau du canal de l'Erié, par M. E. SWEET.— Les questions que soulève ce projet peuvent se ramener à celles-ci : Que coûtera le travail? Quels en seront les résultats comme augmentation de trafic et comme diminution du prix de transport?

La dépense peut être estimée à 5,750,000 francs pour une augmentation d'un pied (0m,305) dans le tirant d'eau.

Au sujet de la seconde question, l'auteur indique les résultats d'expériences faites sur la résistance à la traction dans le halage par chevaux et le remorquage par bateau à hélice sur canaux de petite section. La construction d'un barrage permettra de donner au canal un courant dans le sens du plus grand trafic, de sorte que la durée totale du trajet pour un bateau chargé, halé par deux chevaux, serait de 201 heures en allant vers l'est et 187 heures vers l'ouest. La charge du bateau serait portée de 240 tonnes à 290 et la durée du trajet dans le sens du plus grand trafic réduite de 41 heures. L'avantage serait encore plus grand dans le cas du remorquage.

La réalisation du projet permettrait d'augmenter le trafic de 650,000 tonnes, ce qui donnerait, avec les taxes actuelles, un accroissement de revenu de 1 million pour l'État, et une augmentation de 3,750,000 francs pour la batellerie. Les bénéfices d'une seule année couvriraient donc presque la dépense.

AVRIL 1880.

Suite de la discussion sur le projet de canal interocéanique.

M. DIRKS, Ingénieur du Waterstaat de Hollande, défend la série de prix adoptés pour le canal de Panama, ces prix sont en général très élevés; pour n'en citer qu'un exemple, les dragages sous l'eau, vase ou alluvion, sont comptés à 2 fr. 50 le mètre cube, c'est-à-dire plus du double du prix payé au canal de Suez.

Ces chiffres ont d'ailleurs été adoptés à Paris par la première sous-commission du Congrès composée d'Ingénieurs et Entrepreneurs dont le nom fait autorité.

M. DIRKS donne des détails sur diverses questions, entre autres celle du barrage à établir pour retenir les eaux du Chagres; ce réservoir qui contiendra un milliard de mètres cubes aura un émissaire capable de débiter

200 mètres cubes par seconde, de sorte que l'écoulement, en admettant qu'il ne survienne pas de nouvelles pluies, durera 58 jours. Il n'y aura pas de difficultés pour contenir les eaux pendant la construction du barrage, c'est un travail du genre de ceux qu'on a l'habitude d'exécuter en Hollande.

M. Couvreux fils, fait l'historique de la marche de l'affaire depuis le Congrès de Paris et décrit l'organisation de l'expédition que vient de faire M. de Lesseps. Il rappelle qu'à Panama trois solutions étaient en présence, un chemin de fer pour navire, un canal à écluses et un canal à niveau.

Le chemin de fer était une solution sans précédent, on ne fournissait à son égard que des documents insuffisants, il y avait trop d'inconnu, surtout pour le cas de la grande navigation.

Le canal à écluses aurait certainement été plus économique, mais M. de Lesseps s'appuyant sur les précédents de Suez avait déclaré n'en pas vouloir entendre parler. On ne peut se dissimuler d'ailleurs que le passage des écluses est une objection grave; à certaines saisons, lors des transports des blés de Californie, il pourra se présenter à la fois plus de 60 grands navires.

Avec les indigos et autres marchandises de valeur dont le prix peut varier d'un jour à l'autre, un jour de différence peut faire subir des pertes sérieuses au commerce. Il ne reste donc que la solution du canal à niveau.

On peut espérer un trafic de 6 millions de tonnes qui, à 15 francs la tonne, font 90 millions de francs, ce qui donnera un intérêt suffisant pour les capitaux européens sinon pour les américains habitués à des revenus plus élevés.

Si le droit de 15 francs n'est pas assez fort on pourra l'augmenter, toutefois ce n'est pas l'avis de M. de Lesseps, qui a établi le droit de 10 francs par tonne à Suez et l'a toujours maintenu.

M. Ashbel Welch pense qu'on éviterait bien des difficultés en relevant le plan d'eau du canal de 20 à 25 mètres au moyen d'écluses aux deux extrémités; on économiserait ainsi 350 millions au moins, on réduirait de moitié l'importance de la tranchée dans le roc prévue à 58 mètres de profondeur sur 12 kilomètres, ainsi que la durée des travaux.

Le passage des écluses ne présente aucune difficulté si on a recours aux ressources de la mécanique moderne. M. Ashbel Welch a établi, il y a déjà plusieurs années, au canal de Delaware et Raritan des appareils de halage à vapeur ou *lock operators*. Avec ces engins on fera passer une écluse au plus fort navire en une demi-heure. Admettre qu'on ne manœuvrera pas un navire comme on manœuvre un convertisseur Bessemer ne serait pas à l'honneur de la mécanique actuelle. La meilleure œuvre n'est pas la plus belle ou la plus parfaite, mais celle qui remplit le mieux le but au meilleur marché. Un canal n'est pas un monument, mais une affaire, le devoir de l'ingénieur est de chercher à redresser l'opinion publique lorsqu'elle semble s'égarer dans les questions de génie civil.

M. William. E Mervill pense que le passage des écluses sera beaucoup plus long qu'on ne vient de le dire, il exigera au moins une heure et demie pour de gros navires, s'il en juge par ce qu'il a pu constater à l'entrée des bassins de Birkenhead.

M. Macdonald revient à la comparaison des divers tracés, il croit d'ailleurs que quel que soit celui qu'on adopte, ce genre de travail présente une très grande incertitude; des ouvrages analogues ont coûté le double des devis primitifs. Les mêmes aleas existent pour le produit; on parle de 6 millions de tonnes, mais le canal de Suez n'en reçoit encore actuellement que 3 millions.

M. Ashbel Welch insiste sur la nécessité de relever le plan d'eau du canal. En regardant le plan en relief présenté par M. de Lesseps, la première idée qui vient à l'esprit est de barrer la vallée du bas Chagres et de la convertir en un lac dont le niveau serait à 20 ou 25 mètres au-dessus de celui de la mer.

Si à Suez le sol avait tenu l'eau, en relevant le canal et en l'alimentant avec des pompes ou même une dérivation du Nil, on aurait eu un mouillage de 12 mètres au lieu de 9 à peine, et on pourrait vendre les dragues d'entretien; le passage se ferait en 21 heures au lieu de 42.

Avec la tranchée dans le roc proposée par M. de Lesseps, les gros navires auraient $0^m,60$ d'eau sous la quille et $8^m,50$ de chaque côté, il leur serait impossible de gouverner.

M. Ashbel Welch répond à diverses questions qui lui sont posées sur le barrage et les écluses. Sa solution entraînerait l'expropriation du chemin de fer actuel, mais ce ne serait qu'une dépense de 25 millions de francs, d'autant plus qu'une fois le canal fait, l'importance du chemin de fer sera à peu près nulle.

M. Thomas Clarke pense bien qu'en principe un canal à niveau est préférable à un canal à écluses, mais à son avis la question n'est pas là. S'il devait être actionnaire d'un canal, il se soucierait peu de mettre de l'argent dans une affaire de ce genre, qui coûterait plus de 300 millions de francs. Voici comment il va justifier cette opinion.

Le droit de 15 francs par tonne est trop élevé pour les navires qui font le transport des guanos et nitrates du Pérou et les éloignera absolument du canal.

En effet, un navire de 1,500 tonneaux faisant ce trafic, entre le Callao et Liverpool dépense par jour, intérêt et assurances compris, 400 francs; il mettra 60 jours par Panama, contre 90 par le cap Horn, il gagnera donc 30 jours, soit 12,000 francs, ou par tonneau $\frac{12,000}{1,500} = 8$ francs, soit la moitié à peu près du droit de passage du canal.

Un navire de 1,500 tonneaux allant de San Francisco à Liverpool gagnera 52 jours par le canal, soit $\frac{20,800}{1,500} = 14$ francs, somme encore inférieure au droit de passage.

Seuls les navires allant de New-York à la côte occidentale de l'Amérique ou en Chine et au Japon, et les steamers dont les dépenses journalières sont plus élevées, pourront profiter du canal.

M. Clarke établirait donc les prévisions du revenu de la manière suivante :

Blés de Californie et de l'Orégon.	570,000^{t}	à 10^{f}	5,700,000 fr.
Nitrates et guanos du Chili et du Pérou..	1,200,000	5	6,000,000
Navires à vapeur.	450,000	15	6,750,000
Commerce de New-York..	780,000	15	11,700,000
Total.	3,000,000		30,150,000

Soit 30 millions de francs en nombre rond; en déduisant 40 pour 100 pour frais d'exploitation, entretien, remorquage, etc., il reste 18 millions qui représentent le revenu, à 6 pour 100, d'un capital de 300 millions.

Si M. de Lesseps pouvait décider les gouvernements allemand, anglais, américain et français, à fournir le capital, exécuter le canal, et le livrer franc de droits au commerce du monde en garantissant sa neutralité, ils ne dépenseraient qu'une partie de leur budget annuel de guerre, et ce serait une des grandes œuvres du siècle, mais lorsqu'on vient nous dire qu'un canal à niveau à Panama rapportera 6 à 7 pour 100 du prix d'établissement, il doit nous être permis d'en douter.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Escher Wys

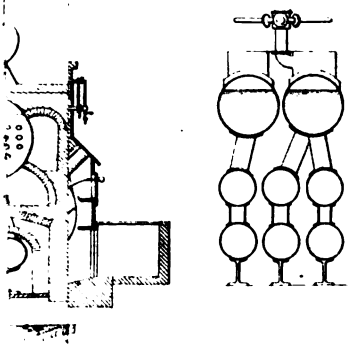


Fig. 7 Fig. 9. Générateur Fouché et de la Harpe.

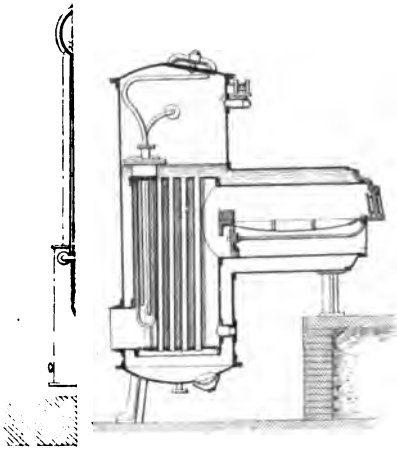


Fig. 22.

s tubes.
Naeyer.

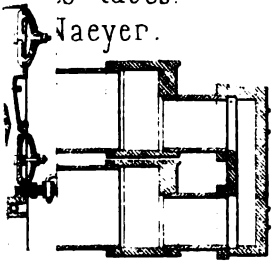
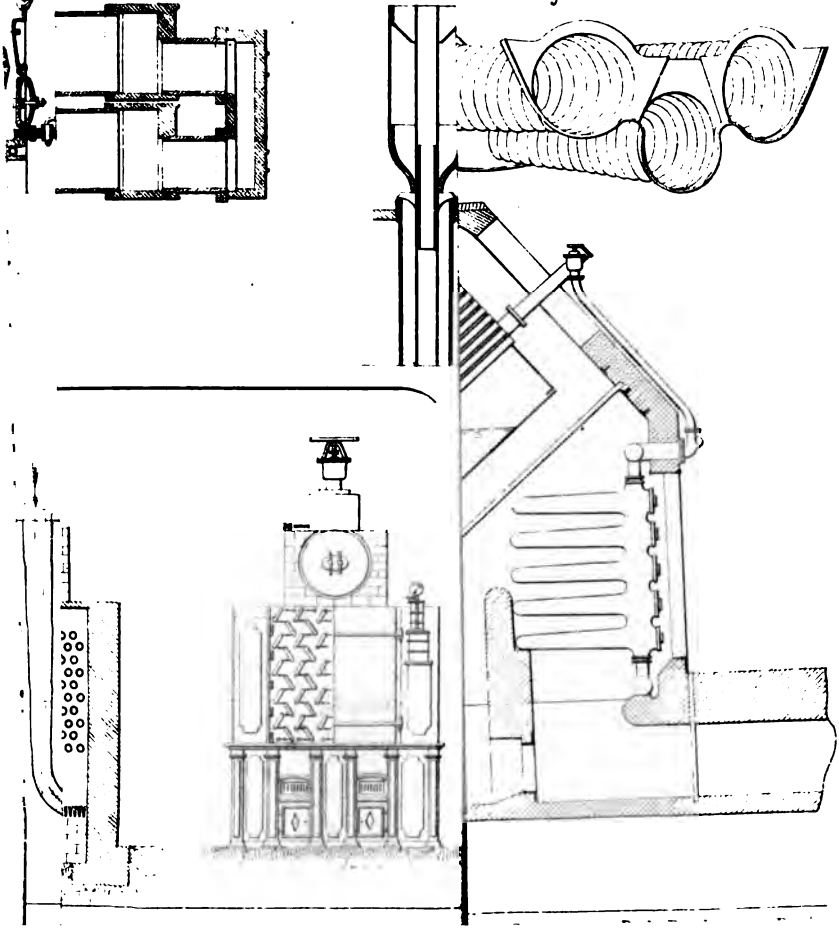


Fig. 24. Foyer Fox.



ve de deux de:

	Longueur du tunnel.
cé supérieur	
cé inférieur	12.400 m.
arte commune	6 470.
acé du Gouvernement)	10.270.
riante)	7.000.

iste.

niveau de la mer
n kilomètres.

Ant Imp A Bronse & Courtier, 43, R de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1880

N° 6

Pendant le mois de juin les questions suivantes ont été traitées :

1° *Chemin de fer de l'Arlberg* (Observations de M. Nordling sur le) (séance du 4 juin, page 715).

2° *Question des Travaux publics* (Lettres de MM. Love, Chabrier et de Coëne) (séance du 4 juin, page 716).

3° *Chauffage et Ventilation de l'École Monge* (Communication de M. Périssé, sur le) (séances des 4 et 18 juin, pages 720 et 753).

4° *Déphosphoration* (Communication de M. Gautier (Ferdinand), sur la) (séance du 4 juin, page 732).

5° *Décès de M. Tessié du Motay* (séance du 18 juin, page 746).

6° *Exposé de la Situation financière de la Société*, par M. le Trésorier et *Tirage des obligations à rembourser* (séance du 18 juin, page 746).

7° *Médaille d'or* (Remise de la), au meilleur Mémoire de l'année 1879 (séance du 18 juin, page 749).

8° *Mémoire de M. Barba, sur les allongements des métaux après rupture* (Analyse du), par M. Marché (séance du 18 juin, page 749).

9° *Sève du Fernan* (Communication de M. Soleillet, sur la) (séance du 18 juin, page 751).

Pendant le mois de juin la Société a reçu :

De M. Colladon, membre de la Société, la Note sur *les Inconvénients et les difficultés du tunnel sous le mont Blanc et de ses lignes d'accès projetées.*

De M. Thirion, membre de la Société, un exemplaire de son *Carnet de l'inventeur et du breveté.*

De M. Boubée, membre de la Société, un exemplaire de son *Traité théorique et pratique des constructions métalliques* (ouvrage en italien).

De M. de La Vallée Poussin, membre de la Société, une brochure sur les *Appareils de répartition et de distribution d'eau dans les canaux d'irrigation*, par MM. de Passy et de La Vallée Poussin.

De M. Etienne Huguin, membre de la Société, son *Mémoire-Rapport sur les nouveaux procédés sidérotechniques*, de M. A. Bérard, *relatifs à la production de la fonte de fer et à sa conversion directe et immédiate en acier.*

De M. Deghilage, membre de la Société, un *Atlas des machines locomotives Sharp-Robert*, comparées à celles des autres constructeurs, par M. Mathias.

Un exemplaire du *Procès-verbal de la Commission technique européenne formée entre les puissances signataires du traité de Berlin*, offert par M. Lalanne, président de la Commission.

De M. Delano, membre de la Société, un exemplaire d'une *Note sur l'usage du Bitume et de l'Asphalte dans les travaux de l'Ingénieur* (ouvrage en anglais).

De M. Deniel, membre de la Société, deux exemplaires, l'un en français, l'autre en anglais, du *Rapport annuel du Ministre des Travaux publics du Canada*, ainsi qu'un exemplaire du *Rapport général du Commissaire des Travaux publics.*

De M. Armengaud aîné, membre de la Société, une *Note sur le four à tunnel à action continue pour la cuisson des briques.*

Une *Carte minière de la France*, dressée par feu Caillaux, et offerte à la Société, par madame Caillaux.

Un exemplaire (Textes et Atlas), du *Résumé des observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année* 1878, par M. G. Lemoine, sous la direction de M. l'Inspecteur général Lalanne (ouvrage offert par M. le Ministre des Travaux publics).

De M. Fouret (Georges), membre de la Société, une Note sur l'*Amortissement des primes d'assurances sur la vie.*

De M. Soleillet, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport à M. le Ministre des Travaux publics, sur son voyage de Saint-Louis à l'Adrar.*

De M. Portevin, membre de la Société industrielle de Reims, un exemplaire de ses *Notes sur l'Enseignement professionnel à l'Exposition universelle de* 1878.

De M. T. Poilay, *Discussion théorique et pratique du fonctionnement de l'appareil évaporateur L. Pommeraye.*

De M. Seyrig, membre de la Société, une *Note sur quelques cas spéciaux de montage des ponts métalliques.*

De M. Servier, membre de la Société, un exemplaire de sa *Traduction du Traité d'éclairage de M. Schilling.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Adrien Bey,	présenté par MM.	Mallet, Elwell et Severac.
	Baudon,	—	Cazès, Love et Rozycki.
	Bouscaren,	—	Gottschalk, Pontzen et Mallet.
	Capacci,	—	Boistel, Gautier et Gottschalk.
	Chaperon,	—	Coffinet, Gottschalk et Loustau.
	Clarté,	—	De Comberousse, Gottschalk et Vuillemin.
	Cousin,	—	Arsac, Auderut et Bouvret.
	Crépel,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Demolon,	—	Ricard, Guérin et Jaunet.
	Forsans,	—	Carimantrand, Mallet et Franck.
	Galler,	—	Contamin, Gallais et Marché.
	Germain (Paul),	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Girard,	—	Ermel, Douau et Regnard.
	Guary,	—	Cornuault, Gottschalk et Jordan.
	Lavalette (de),	—	Chevalier (E.), Chevalier (H.) et Rey.

MM.	Loubery,	présenté par MM.	Delaporte, Lepany et Rynskiewiez.
	Leprou,	—	Lambert, Rey et Vallot.
	Mallez,	—	Brion, Osmond et Vigreux.
	Martin,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Michaux,	—	Lambert, Rey et Vallot.
	Passelecq,	—	Carimantrand, Franck et Marché.
	Raveau,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Vaslin,	—	Chapmann, Gottschalk et Marché.
	Vollot,	—	Gottschalk, Rouart et Thomasset.

Comme Membres Associés :

MM.	Ardoin (Etienne),	présenté par MM.	Carimantrand, Franck et Mallet.
	Barat,	—	Biarez, Marché et Piquet.
	Germain (Henri),	—	Gottschalk, Jordan et Ronna.
	Guillet,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Hiard,	—	Carimantrand, Marché et Orsatti.
	Olivier,	—	Berthelière (de la), Guillemant et Moreau.
	Potelet,	—	Bandérali, Gottschalk et Loustau.

MÉMOIRE

SUR LE

CHAUFFAGE ET LA VENTILATION

DE L'ÉCOLE MONGE

PAR M. SYLVAIN PÉRISSÉ.

Dans la séance du 15 mars 1878, M. E. Trélat a appelé l'attention de la Société sur le chauffage et la ventilation dans les édifices. Après avoir fait un historique rapide des différents systèmes qui ont été successivement appliqués, M. Trélat est arrivé à conclure que le chauffage et la ventilation devraient être deux opérations indépendantes l'une de l'autre, tout en reconnaissant les grandes difficultés qui se présentent dans l'application.

Il a fait un appel aux Membres de la Société pour apporter des matériaux et pour arriver en définitive à une discussion approfondie des principaux points du difficile problème. Après avoir énoncé les principes dont il ne faudrait pas s'écarter, après avoir classé en différentes catégories les locaux et capacités qu'il s'agit de chauffer et de ventiler, M. Trélat a établi les caractères généraux des moyens à employer pour obtenir d'une part, le renouvellement et la distribution de l'air, et d'autre part, l'emmagasinage, le transport et la répartition de la chaleur.

Dans la même séance, M. Bourdais a fait à la Société une intéressante communication sur le projet de ventilation du palais du Trocadéro. Quelques jours après, M. Grouvelle a présenté quelques considérations fort judicieuses sur la question si bien posée par M. Trélat; M. Couard a entretenu la Société du chauffage des gares de chemins de fer au moyen de calorifères à air chaud, et M. Hureau de Villeneuve a

examiné la question de la ventilation des édifices au point de vue plus spécial de l'hygiéniste et du médecin.

La discussion qui a suivi ces communications a porté seulement sur les avantages et les inconvénients respectifs des deux modes de circulation de l'air, soit de bas en haut, soit de haut en bas. La discussion générale a été réservée sans doute pour permettre la production de renseignements nouveaux.

Je viens présenter à la Société des Ingénieurs civils, ceux que j'ai pu relever sur le chauffage et la ventilation de l'École Monge. L'étude du système et son installation ont été faites par M. d'Hamelincourt, que la mort venait frapper au moment où M. Trélat invitait la Société à ouvrir une discussion à laquelle notre regretté Collègue aurait sans doute pris une grande part, en raison de sa compétence bien connue sur les questions de chauffage et de ventilation, à l'étude desquelles il avait consacré la plus grande partie de sa carrière d'ingénieur.

Description générale.

L'École Monge possède environ 670 élèves, sur lesquels 170 seulement sont internes. Elle comprend actuellement quatre bâtiments de 8 mètres environ de largeur; l'un réservé aux services généraux et à l'administration; deux autres perpendiculaires au premier; le quatrième en retour, forme, avec la partie centrale du bâtiment d'administration et avec les deux grands bâtiments parallèles, une enceinte rectangulaire au centre de laquelle se trouve une cour couverte de 68 mètres de longueur sur 24 mètres de largeur. Le sol de cette cour intérieure, de niveau avec le plancher du rez-de-chaussée, se trouve élevé de 2 mètres au-dessus du sol des cours extérieures.

Le rez-de-chaussée et le premier étage des trois derniers bâtiments sont presque exclusivement réservés pour les classes. Les dortoirs occupent la plus grande partie du deuxième étage. Le réfectoire est installé dans le sous-sol de l'un des grands bâtiments des élèves, à $2^{m},50$ en contre-bas des cours extérieures. Son dallage est donc à $4^{m},50$ en dessous du plancher du rez-de-chaussée.

Le *Chauffage* est obtenu par deux groupes d'installations, du système de circulation d'eau chaude, ayant chacun son massif de trois chaudières verticales placées en sous-sol. Sur les deux cours de tuyaux horizontaux d'aller et de retour d'eau chaude, s'embranchent des

colonnes montantes doubles qui s'élèvent jusqu'au plancher des dortoirs, en s'appuyant contre les murs extérieurs, dans des gaines en maçonnerie. Les colonnes montantes se composent de deux tuyaux, en communication entre eux à la partie supérieure, et de hauteur inégale, puisque l'un s'embranche sur la conduite horizontale d'aller, tandis que l'autre descend jusqu'à la conduite de retour d'eau aux chaudières. La *figure* donnant une coupe transversale dans le bâtiment des élèves, montre l'ensemble du système et servira à l'intelligence de la description.

A chacun des deux étages de classes, l'air extérieur pénètre dans ces gaines à la hauteur du plancher, s'élève le long des colonnes montantes au contact desquelles il s'échauffe pour entrer dans la classe vers le plafond. Le système de chauffage, pour les classes du moins, consiste donc dans une série d'hydrocalorifères disséminés aux angles des locaux à chauffer et alimentés par des générateurs d'eau chaude placés à une certaine distance.

La *ventilation* est obtenue par l'appel de deux chambres sous les combles, dont la température se trouve élevée au moyen des vases d'expansion d'eau chaude (ces vases sont en communication directe avec les chaudières), et aussi par le passage de la cheminée des chaudières. A chacune de ces chambres d'appel correspondent le collecteur des gaines de ventilation des classes et le collecteur distinct des gaines des dortoirs. Dans chaque classe, les conduits de ventilation viennent déboucher par une grille au niveau du plancher. L'air chaud entre donc par le haut, tandis que c'est par le bas que sort l'air vicié. Pendant la saison d'été, le service des chambres d'appel est assuré par une petite chaudière spéciale, qui alimente directement d'eau chaude les vases d'expansion ; de plus, comme dans la période de chauffage, la cheminée d'évacuation des gaz brûlés contribue, dans une certaine mesure, à élever la température des chambres d'appel pour leur donner la puissance d'aspiration nécessaire.

Le dessous des vases d'expansion se trouve à 13 mètres au-dessus du rez-de-chaussée ; si on ajoute $4^{m},50$ pour la hauteur du sous-sol et $7^{m},50$ pour la hauteur au-dessus du plancher des combles, du dégagement d'air vicié dans l'atmosphère, on trouve que ce dégagement s'effectue à 25 mètres au-dessus du sol des chaudières.

Après avoir ainsi donné une description générale du système, je vais entrer dans quelques détails sur les diverses installations.

Le chauffage d'un établissement, comme l'École Monge, doit satisfaire à des conditions diverses. Les services administratifs n'offrent rien de particulier, puisqu'ils sont dans les conditions des habitations ordinaires. Les réfectoires doivent être modèrement chauffés et point ventilés; les élèves y restent trop peu de temps pour vicier l'air, et les odeurs inhérentes à ces locaux ne peuvent disparaître que par des lavages fréquents de toutes les surfaces. Les classes et les dortoirs doivent être chauffés et largement ventilés, sans perdre de vue que les dortoirs doivent être chauffés modérément.

Services administratifs. — On a pourvu au chauffage de cette partie de l'École au moyen d'hydrocalorifères, placés dans les caves et envoyant de la chaleur dans les pièces, au moyen de conduits en maçonnerie.

Réfectoires. — On a utilisé, pour les chauffer, la conduite de retour des eaux chaudes aux chaudières, qui est placée dans le sol de chaque côté du réfectoire et recouverte d'une plaque de fonte. A ce moyen, on en a ajouté un second qui consiste à placer dans une gaine les tuyaux verticaux en fonte qui descendent des étages supérieurs pour ramener, dans la conduite horizontale, l'eau refroidie dans les circulations supérieures. En plaçant ces tuyaux dans des gaines ouvertes à volonté haut et bas, on s'est réservé le moyen de chauffer l'air des réfectoires, en le faisant circuler dans ces gaines.

Classes. — Le système de chauffage et de ventilation adopté pour ces pièces, les plus importantes de l'École, a été déjà sommairement décrit : j'y reviendrai plus loin avec plus de détails.

Dortoirs. — Les dortoirs, n'étant occupés que la nuit, il était bon d'utiliser à leur profit la chaleur restée disponible à la suite du chauffage des classes. A cet effet, une série de registres ont été placés à la partie supérieure des gaines des colonnes montantes, qui s'arrêtent au plafond du premier étage. Il a suffi de prolonger ces gaines pour amener des bouches de chaleur au plafond des dortoirs. Par le jeu des registres fait tous les soirs après la fermeture des classes, on arrête, *ipso facto*, le chauffage dans les classes du premier étage, puisqu'on donne à l'air chaud des gaines, un moyen de dégagement dans le deuxième étage.

Quelques détails sur les dimensions et la disposition des appareils employés sont maintenant nécessaires. Ces appareils forment trois catégories :

1° Les chaudières, qui servent à la production de la chaleur ;

2° Les circulations générales, qui constituent le moyen de transporter la chaleur produite ;

3° Les appareils de chauffage proprement dits, qui utilisent cette chaleur.

Chaudières. — Chacun des groupes est composé de trois chaudières verticales à foyer intérieur de $0^m,90$ de diamètre et de $3^m,70$ de hauteur, avec virole extérieure de $1^m,20$ de diamètre et 4 mètres de hauteur. Toute la surface du foyer intérieur se trouve donc entourée d'une couche d'eau de $0^m,15$ d'épaisseur. Le volume d'eau d'une chaudière est de 2500 litres. Chacune de ces chaudières porte une tubulure centrale à sa partie supérieure, et deux tubulures latérales vers la partie inférieure qui la mettent en communication directe avec une culotte de réunion supérieure et avec deux culottes de réunion inférieure.

De la culotte supérieure partent les *tuyaux d'aller* qui vont alimenter d'eau chaude tous les appareils dépendant du groupe. Aux culottes inférieures, aboutissent les *tuyaux de retour* qui ramènent aux chaudières, pour la réchauffer, l'eau qui s'est refroidie pendant son parcours dans la tuyauterie.

Les chaudières sont entourées d'une construction en maçonnerie de briques réfractaires ; les fumées ou gaz brûlés, après avoir chauffé la surface intérieure, circulent en descendant en hélice autour de la calandre extérieure pour aboutir à un carneau qui les conduit à la cheminée, avec registre spécial à l'entrée de chaque circulation de fumées partielles.

Les dispositions adoptées sont telles qu'elles permettent très facilement de ne chauffer qu'une, deux ou trois des chaudières, selon les besoins du service. C'est là une condition très importante.

Les trois chaudières accouplées donnent ensemble une surface de chauffe de 75 mètres carrés, parmi lesquels 30 mètres carrés de chauffe intérieure. Les deux groupes servant au chauffage de toute l'École comprennent donc 150 mètres de surface de chauffe.

Circulations générales. — Les circulations générales, sous le nom

de tuyaux d'aller et tuyaux de retour, relient les chaudières aux différents appareils installés pour le chauffage. Elles sont en tuyaux de fonte à joints en caoutchouc ; leur point de départ est la culotte supérieure réunissant les chaudières, d'où elles rayonnent dans toutes les directions jusqu'aux extrémités des locaux qu'elles desservent. Là, elles se replient sur elles-mêmes et reviennent aboutir aux culottes inférieures réunissant les chaudières. Il y a donc, en définitive, un circuit complet qui part des chaudières pour y revenir. Ces tuyaux de circulation sont tantôt isolés, tantôt logés dans des canaux, mais, dans tous les cas, ils sont d'un accès assez facile afin de pouvoir être visités.

Au droit de chaque appareil de chauffage, une tubulure placée sur le tuyau d'aller permet d'alimenter cet appareil d'eau chaude, qui, après s'être refroidie, retrouve une tubulure sur le tuyau de retour.

Les circulations générales sont composées avec des tuyaux d'un diamètre intérieur de 200 millimètres et 150 millimètres. Ce dernier diamètre a été donné aux tuyaux lorsque le nombre des appareils restant à alimenter l'a rendu possible. Les culottes des chaudières sont en 350 millimètres de diamètre. L'ensemble des tuyaux d'aller et des tuyaux de retour aux chaudières, contient 11000 litres pour un groupe et 12000 litres pour l'autre.

Appareils de chauffage. — Ils sont de différentes espèces et de différentes formes suivant les besoins auxquels ils satisfont. Dans les classes et une partie des services administratifs, ils se composent de tuyaux en fonte à ailettes, disposés verticalement dans des gaines placées dans les angles des pièces.

Pour la direction et l'autre partie des services, les appareils de chauffage se composent d'hydrocalorifères, placés dans une enveloppe en maçonnerie, en communication avec l'air extérieur. Des conduits ménagés pendant la construction ou établis après coup, conduisent l'air chaud aux bouches de chaleur.

Pour le parloir les appareils de chauffage se composent de tuyaux unis en fonte de 175 millimètres de diamètre intérieur, formant circulation placée à fleur du sol, dans des canaux recouverts d'une grille. Le développement de ces tuyaux faisant le tour du parloir, est de 50 à 55 mètres linéaires, qui chauffent le parloir par rayonnement; le cube d'air de la pièce est de 1125 mètres cubes, devant être chauffés à une température comprise entre 16 à 18°.

Chauffage et ventilation des classes. — Les classes, à l'École Monge, ne peuvent contenir plus de trente élèves, exception faite pour certaines pièces destinées à la réunion de plusieurs classes ou sections.

Les classes sont sensiblement carrées ; elles ont pour la plupart 7m,20 à 7m,30 de longueur et largeur, et une hauteur libre sous plafond de 3m,95 (voir les *figures* donnant les coupes, verticale et horizontale, d'une classe). Le cube d'air d'une telle classe est de 230 mètres cubes. Entre les gaines, placées contre les murs extérieurs, existent deux baies de chaque côté, dont la partie supérieure est vitrée et s'ouvre à guillotine comme les fenêtres anglaises. La lumière, et au besoin l'air, peuvent entrer à grands flots dans la classe.

Aux quatre angles se trouvent les gaines de chauffage qui, construites sur les deux faces rayonnantes en une simple épaisseur de 0m,05 à 0m,06, présentent un vide rectangulaire de 0m,40 sur 0m,25, dans lequel sont logés les deux tuyaux d'une colonne montante. Ces tuyaux ont un diamètre intérieur de 60 millimètres avec 6 millimètres d'épaisseur de fonte et ils sont munis de huit ailettes formant une saillie de 4 centimètres, de telle sorte que le diamètre suivant deux ailettes opposées, est de 150 millimètres.

La partie inférieure d'une gaine de chauffage est munie de deux ouvertures, l'une communiquant directement avec l'extérieur par un petit conduit, l'autre intérieure débouchant dans la classe, de façon à pouvoir, à volonté, prendre l'air au dehors ou dans la classe elle-même. Ces deux ouvertures sont rondes, avec un registre tournant à jalousies. A la partie supérieure, la gaine de chauffage communique avec la classe par une bouche de chaleur ou grille d'air chaud de 0m,37 sur 0m,185, sans registre.

Il y a une distance verticale de 3m,50 entre le centre de la prise d'air du bas, et le milieu de la bouche du haut. Cette distance de 3m,50 représente la hauteur théorique de la colonne fluide chaude qui permet à l'air d'entrer dans la classe, et avec une certaine vitesse qui est fonction de l'excès de température des tuyaux d'eau chaude, sur la température extérieure. L'air se chauffe donc en parcourant la gaine de bas en haut, où il rencontre les deux tuyaux à ailettes ainsi que la surface de la paroi en maçonnerie qui est échauffée elle-même par rayonnement de la colonne montante. La surface de chauffe de l'air

pour une classe, c'est-à-dire pour les quatre gaines de chauffage, se décompose de la façon suivante :

Partie cylindrique des tuyaux en fonte.	7^{m2},04
Ailettes d°	18 40
Faces intérieures des gaines.	20 30
Surface totale.	45 74

J'ai fait plusieurs expériences pour déterminer les chiffres comparatifs de température et j'ai trouvé :

1° Température extérieure.	3° à 4°
2° Température de l'air chaud débouchant des grilles supérieures des gaines du côté de la cour extérieure	28° à 28°,5
Du côté de la cour couverte	29°,5 à 30°,5
3° Température dans la classe et devant la grille de ventilation	15°, à 15°,5

Ces chiffres ont été constatés, alors que la température extérieure venait de se relever et que par suite les chaudières marchaient en feux couverts. Un autre jour, la température de 35° à 37° a été observée devant les grilles d'air chaud ; la température extérieure était un peu au-dessous de zéro avec toujours 15° au thermomètre de la classe. Les trois chaudières étaient allumées et les feux assez actifs.

Il est intéressant de donner quelques renseignements sur la température des tuyaux d'aller et de retour des circulations générales. Elle est très variable, et doit être d'autant plus élevée que le froid est plus intense. C'est au chauffeur à faire les feux en conséquence, mais il doit éviter avec le plus grand soin de produire de la vapeur.

A l'École Monge, la température du tuyau d'aller, au départ des chaudières, doit varier de 50° à 105°, mais en l'absence de thermomètre, je n'ai pas pu le vérifier. Il n'en est pas de même du tuyau de retour. Les thermomètres accusent au point le plus froid, c'est-à-dire à quelques mètres des chaudières, des températures qui varient de 13 à 53 degrés. En chauffage ordinaire, la température de retour est de 33 à 34 degrés.

L'air chaud arrive donc près du plafond et quant au départ sous l'effet de l'aspiration de la cheminée d'appel, il s'effectue par une grille posée verticalement au pied de chacun des deux trumeaux entre les baies.

Ces deux grilles ont $0^m,55$ de hauteur sur $0^m,21$ de largeur, et chacune correspond à une gaine de ventilation de section rectangulaire, $0^m,35$ sur $0^m,25$ qui monte jusqu'au collecteur sous les combles, sans rencontrer en chemin aucun autre conduit de ventilation. Il résulte de la complète indépendance de ces conduits, la possibilité de régler l'aspiration dans chaque classe, pour obtenir les meilleures conditions au double point de vue du chauffage et de la ventilation.

Fonctionnement du système. — Deux modes différents de fonctionnement ont été appliqués pendant l'année scolaire 1878-1879 et pendant l'année courante 1879-1880.

Il y a un an, les quatre prises d'air extérieures étaient ouvertes dans toutes les classes de 8 heures du matin à 8 heures du soir, de sorte que, pour modérer la ventilation quand elle était jugée trop active, ce qui augmentait notablement la dépense de combustible, on fermait plus ou moins, mais, le plus souvent, complètement, la grande trappe qui fait communiquer le collecteur des classes avec la chambre d'appel. Pendant la nuit, on fermait les prises d'air extérieures et on mettait l'intérieur de la gaine de chauffage en communication directe avec la classe elle-même. Le matin avant l'entrée des élèves, les hommes de service venaient balayer la classe, ils trouvaient une température relativement élevée et laissaient, après leur départ, les fenêtres ouvertes de telle sorte qu'un refroidissement trop grand se produisait à la longue. Dans la journée les fenêtres restaient aussi trop longtemps ouvertes dans certaines classes.

Pendant l'année courante, le fonctionnement a pu être mieux suivi par le personnel de l'entreprise, et les feux ont été conduits avec plus de soin et d'intelligence. Enfin, on a reconnu préférable de ne plus toucher aux prises d'air et on les a réglées de la façon suivante : les deux prises sur les cours extérieures sont toujours ouvertes, tandis que les deux sur la cour couverte sont toujours fermées ; on remplace celles-ci par les tourniquets qui font communiquer le bas de la gaine de chauffage, avec l'intérieur de la classe.

Les sections des gaines de ventilation à leur arrivée dans le collecteur des combles ont été réglées, et, sauf cas accidentel, la trappe du collecteur des classes reste toujours ouverte pendant le jour, alors que celle des dortoirs est fermée et réciproquement pendant la nuit. On comprend, en effet, qu'il importe alors de bien ventiler les dortoirs,

tandis que dans le jour cette ventilation est d'autant plus inutile que les fenêtres restent ouvertes pendant longtemps.

Cube des locaux chauffés. — Les deux groupes d'installations chauffent des locaux de destinations différentes présentant un vide total de 23,338 mètres cubes. La température à obtenir dans les divers locaux est assez variable, de sorte que je suis amené à en donner la décomposition par catégories :

1° Dortoirs, (chauffés à 10 à 12 degrés).	4,298^{m3}
2° Réfectoires et couloirs (13 à 15 degrés).	3,502
3° Classes, lingerie (14 à 16 degrés).	11,941
4° Salle d'armes, lavabos (15 à 17 degrés).	980
5° Parloir, bureaux, locaux d'administration et salle de bains (16 à 18 degrés).	2,617
Total égal.	23,338^{m3}

La salle de bains est chauffée de 18 à 20 degrés, mais elle a été comprise ci-dessus, dans la catégorie de 16 à 18 degrés, parce que le surplus de la température est fourni par la radiation de tuyaux venant de la cuisine.

Surfaces de refroidissement. — La déperdition de la chaleur s'opère non seulement par le renouvellement de l'air, mais encore par les surfaces de refroidissement. Celles-ci sont relativement très grandes à l'École Monge, et, dans ces surfaces, les parties vitrées entrent dans une proportion que l'on rencontre rarement même dans les écoles.

Dans une classe de 30 élèves au maximum, possédant un cube à chauffer de 230 mètres, les deux murs extérieurs donnant l'un sur la cour extérieure et l'autre sur la cour couverte, présentent une surface de $2 \times 7{,}50 \times 4{,}25 = 63^{m2}{,}7$, sur lesquels les 4 fenêtres entren pour $19^{m}{,}3$, puisqu'elles ont $2^{m}{,}25$ de largeur sur $2^{m}{,}15$ de hauteur moyenne.

Il en résulte pour 1000 mètres cubes chauffés, une surface verticale de refroidissement de 277 mètres carrés, parmi lesquels 30 pour 100 sont en parois minces ou vitrées. En considérant l'ensemble des locaux, on trouve approximativement 5800 à 6000 mètres carrés, dont 1,500 mètres au moins de surfaces vitrées proprement dites.

Températures constatées. — Tous les jours, à neuf heures du matin (une demi-heure après la rentrée des externes) et à une autre

heure lorsque c'est nécessaire, la température est relevée dans toutes les classes et les autres locaux, pour s'assurer qu'elle répond aux stipulations du marché. Une amende, relativement forte, par degré d'écart de température en plus ou en moins, et par unité de volume, est appliquée à l'entrepreneur du chauffage. J'ai eu sous les yeux le compte de ces amendes; il s'élève à une somme très faible au bout de l'année; c'est-à-dire que les températures tous les jours constatées se maintiennent pour ainsi dire rigoureusement dans les limites prévues, limites que j'ai données plus haut en établissant le cube des diverses catégories de locaux chauffés.

Il faut observer toutefois que la température minima exigée dans les classes n'est que de 12° lorsque la température extérieure à neuf heures du matin descend au-dessous de —8 degrés. Il n'est pas sans intérêt de donner les températures relevées pendant le mois de décembre dernier qui a été si exceptionnellement rigoureux. Dès les premiers jours du mois et même dans les derniers jours de novembre, la température était en dessous de zéro et elle n'est remontée au-dessus que le 29 décembre.

Pendant cette période de un mois, les températures minima quotidiennement observées ont varié, à Paris, depuis — 4°,7 les 1er et 6 décembre jusqu'à —23°,9, température extrême observée le 10 décembre.

Voici les chiffres relatifs à cinq jours très rigoureux pendant lesquels les températures minima ont été observées à l'intérieur de l'École, ces températures comme celles de l'extérieur étant toujours prises à neuf heures du matin. Le thermomètre extérieur est placé dans une baie de croisée; les thermomètres intérieurs sont à 1m,30 au-dessus du plancher et à 2m,50 environ du vitrage sur le mur de refend dans les classes.

DÉSIGNATION.	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES.	TEMPÉRATURES INTÉRIEURES.		
		BUREAUX.	CLASSES rez-de-chaussée.	CLASSES 1er étage.
	°	°	°	°
5 décembre 1879...	— 14	14 à 15	13 à 14	14 à 15
9 décembre 1879...	— 15	Id.	12	13
10 décembre 1879...	— 18	13	11 à 12	13 à 14
16 décembre 1879...	— 12	Id.	12 à 13	14 à 15
17 décembre 1879...	— 16	12	11 à 12	13 à 13 ½

Une cause accidentelle a fait baisser la température le 17 décembre.

Les chiffres sont plus élevés pour les classes du premier étage que pour celles du rez-de-chaussée. Généralement l'écart est plus faible, mais il convient de signaler la plus grande intensité de refroidissement, surtout par les temps rigoureux, pour les locaux du rez-de-chaussée qui, en partie du moins, ne sont pas protégés à la partie inférieure comme le sont les locaux du premier étage. Les colonnes montantes sont les mêmes pour les deux classes superposées, leur température moyenne peut être considérée comme identique; on peut donc admettre que l'air est également chauffé, mais la déperdition par les surfaces est un peu différente et on peut admettre d'autre part que les classes du rez-de-chaussée sont plus souvent ouvertes, ce qui est évidemment une cause de refroidissement.

Consommation de combustible. — J'ai relevé avec soin la quantité de houille brûlée pendant la dernière année scolaire 1878-1879 et celle qui a été consommée depuis le commencement de l'année courante 1879-1880, jusqu'au 10 mai.

Dans la précédente année scolaire, les feux ont été allumés fin septembre 1878 pour pouvoir vérifier, avant la rentrée des élèves le 1er octobre, si tous les organes du système avaient été mis en bon état de fonctionnement. Les feux pour le chauffage ont été éteints le 14 mai 1879; il y a donc eu 226 jours de chauffage. On a brûlé 156 tonnes de houille de Charleroi, 1re qualité; y compris la consommation d'été qui se fait presque entièrement avec des escarbilles.

Cette année, le chauffage d'hiver a duré 206 jours; il a commencé le 16 octobre 1879 et a fini le 10 mai, époque à laquelle ont été approvisionnés 118,830 kilogrammes de Charleroi, 1re qualité; j'estime que la houille, encore nécessaire pour la ventilation d'été, est de 3 tonnes. On obtient donc, pour 1879-1880, une quantité totale de 122 tonnes.

Si on compare cette consommation avec celle de l'année dernière, on la trouve bien réduite, en raison des grands froids de décembre, mais il ne faut pas perdre de vue qu'on a conduit le système tout autrement, et que les mois de mars et avril ayant été, cette année, exceptionnellement chauds la dépense de houille, dans cette période, a été très faible. L'écart entre les températures moyennes des deux saisons n'est pas aussi grand que les grands froids pourraient le

faire supposer. Voici, au surplus, le tableau de ces températures d'après les chiffres constatés à l'observatoire de Montsouris et publiés tous les mois dans les comptes rendus de l'Académie des sciences.

Températures moyennes mensuelles. — Air à l'ombre.

DÉSIGNATION.	A NEUF HEURES DU MATIN.		MOYENNES GÉNÉRALES des observations faites d'heure en heure.		MOYENNES. ANCIEN ABRI.	
	1878 1879.	1879 1880.	1878 1879.	1879 1880.	1878 1879.	1879 1880.
	°	°	°	°	°	°
Mois d'octobre.....	10.70	10.15	11.09	10.3	11.7	10.3
— de novembre..	4.33	3.26	4.58	3.6	5.0	3.6
— de décembre..	0.19	— 8.23	0.76	— 6.8	0.9	— 7.4
— de janvier....	— 0.69	— 1.77	— 0.02	— 0.7	— 0.1	— 0.5
— de février. ...	4.61	3.52	4.80	4.6	4.5	5.4
— de mars.....	6.76	8.8	6.90	9.8	7.1	10.2
— d'avril.....	8.34	10.0	7.80	10.0	8.4	10.0
— de mai.	10.96	—	10.30	—	10.6	—
Moyenne des 7 premiers mois ci-dessus.	4.89	3.7	5.13	4.4	5.35	4.5
Moyenne pendant les jours de chauffage.	5.3	3.7	5.5	4.4	»	»

J'ai supposé pour avril 1880 à peu près la même température qu'en mars et 10°,3 pour les dix jours de mai.

Les températures moyennes pendant les 226 jours de l'année scolaire 78-79 ont donc été de 5°,3 à neuf heures du matin et de 5°,5 pour toutes les heures. Pour les 206 jours de l'année 79-80, ces moyennes sont 3°,7 et 4°,4.

La consommation de houille dans l'année courante est donc de 122 tonnes, alors que le marché garantit une consommation maxima de 130 tonnes. L'estimation faite par M. d'Hamelincourt peut donc être considérée comme exacte et même comme un maximum, si les opérations sont conduites comme elles l'ont été dans le dernier hiver, et si le chauffeur exerce une surveillance intelligente et active; sur ces points, j'ai signalé les différences que présentent les deux années consécutives.

Il conviendra de ramener la consommation de houille à 1000 mètres cubes chauffés à l'École Monge, et pour pouvoir servir plus exactement de point de comparaison avec d'autres installations, il convient de rap-

porter la consommation à 1000 mètres supposés maintenus à la température assez généralement admise de 16° à 18°.

Pour trouver le cube équivalent chauffé à 17° moyenne des deux précédentes températures, il faut considérer le rapport des deux excès de température par rapport à la température moyenne à Paris pendant sept mois, du 15 octobre au 15 mai. Cette dernière est de 5° à 6°, sauf exception. D'autre part, la température moyenne à l'intérieur de l'École Monge ressort à 14°,5 d'après les chiffres déjà donnés. On a donc 9° d'excès de température, tandis que cet excès est de 11°,5 avec la moyenne de 17°. Le cube équivalent cherché est donc assez approximativement les $\frac{18}{23}$ de 23,338 mètres cubes, soit 18,200 mètres cubes.

Nous pouvons ainsi établir comme suit le tableau des consommations de houille.

DÉSIGNATION.	ANNÉE 1878-1879.	ANNÉE 1879-1880.
Nombre de jours de chauffe.....	226^{j}	206^{j}
Température extérieure moyenne.....	5°,5	4°,4
Consommation totale de houille, 1re qualité.....	156.000^{kg}	122.000^{kg}
— moyenne en un jour de chauffe.....	690^{kg}	592^{kg}
— pour 1000^{ms} chauffés à 14°,5 { Par an..	6.690^{kg}	5.240^{kg}
{ Par jour.	30^{kg}	25^{kg}
D'où l'on peut déduire :		
— pour 1000^{ms} chauffés à 17° { Par an..	8.570^{kg}	6.700^{kg}
{ Par jour.	38^{kg}	33^{kg}

Il faut considérer principalement la consommation annuelle, car la moyenne par jour est très variable avec le nombre de jours de chauffage, tandis que la quantité brûlée dans l'année est très peu influencée par 20 à 30 jours de chauffe, en plus ou en moins de la moyenne qui est de environ 200 jours à Paris. La consommation annuelle par 1000 mètres cubes et pour un degré d'excès de température a été cette année de $\frac{5240}{9} = 582$ kilogrammes.

La consommation journalière est essentiellement différente à l'École Monge. On ne brûle rien, pour ainsi dire, certains jours, tandis que dans les grands froids, on brûle tous les jours environ 2,000 kilog. de houille et même davantage. Il est facile de s'en rendre compte approximativement par le rapport des excès de température.

Examen critique.

Avant de présenter quelques observations sur le système de chauffage et de ventilation de l'École Monge, pour faire ressortir dans une certaine mesure ses avantages et ses inconvénients respectifs :

Je crois que la Société des Ingénieurs civils trouvera quelque intérêt à recevoir communication de deux séries d'expériences qui peuvent se rattacher aux conditions qu'un bon système de chauffage et de ventilation doit remplir au point de vue plus spécialement physiologique. Je veux parler :

De l'influence de la température de l'air respiré;

Du danger que peuvent présenter les appareils en fonte lorsqu'ils sont portés à la chaleur rouge.

1° La température de l'air respiré exerce une influence très marquée sur les combustions intimes qui sont le résultat de la respiration et de la vie. Les *Annales de chimie et de physique*, 1873, contiennent, sous le titre *Des gaz du sang*, des renseignements que je vais résumer.

M. le docteur Mathieu et M. V. Urbain, notre collègue, complétant aux laboratoires de l'École centrale, les travaux de Lavoisier, Seguin, et de MM. Letellier, Barral, etc., ont posé ce principe que :

Chez les animaux à température constante, la quantité d'oxygène absorbé par le sang varie en raison inverse de la température de l'air qu'ils respirent, conformément aux lois de l'endosmose des gaz à travers les membranes animales.

Il résulte aussi des expériences que les combustions organiques augmentent lorsque l'absorption de l'oxygène est plus prononcée, et que, chez les animaux à sang chaud, les tissus brûlent davantage par le froid, parce que l'endosmose pulmonaire introduit plus d'oxygène dans le sang artériel. En été, la consommation décroît, non par suite d'une moindre activité des organes, mais plutôt parce que, l'endosmose se ralentissant, moins d'oxygène est livré aux composés oxydables de l'économie.

L'exhalation de l'acide carbonique et par suite les combustions intimes augmentent à mesure que la température de l'air ambiant diminue. . . . .

Ainsi donc, il semble résulter des considérations que je viens de présenter, que, chez les hommes valides, l'air relativement froid

serait préférable pour la respiration et pour le bon accomplissement des fonctions vitales.

Le chauffage des locaux habités, par l'air chaud seulement, ne serait donc pas à conseiller au point de vue considéré, puisqu'il va à l'encontre des précédentes conclusions.

2° L'Académie des sciences, dans sa séance du 3 février 1868, a décidé qu'une Commission composée de MM. Payen, Cl. Bernard, Fremy, H. Sainte-Claire Deville, Bussy et Morin, ferait des expériences au Conservatoire des Arts et Métiers, pour rechercher les causes de l'insalubrité des appareils de chauffage en fonte de fer.

Les expériences ont été commencées en mars 1868 et continuées jusqu'en février 1869. Le rapport du général Morin a été déposé dans la séance du 3 mai 1869.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost, dans une note insérée aux Comptes rendus de janvier 1868, avaient déjà montré que l'air, au contact de la surface extérieure d'un poêle en fonte, pouvait se charger d'une proportion d'oxyde de carbone qui a atteint parfois dans leurs expériences jusqu'à 0,0007 et à 0,0013 de son volume.

Pour rechercher s'il existait de l'oxyde de carbone dans l'air d'une salle chauffée par un poêle de fonte, la Commission a employé des méthodes physiologiques et des méthodes chimiques.

Dans la *première méthode*, on a dosé les gaz contenus dans 100 centimètres cubes de sang de lapins placés pendant trois jours dans une salle chauffée à la température de 30°, par un poêle de fonte.

	Lapins à l'état normal.	Soumis à l'influence du poêle.	
Acide carbonique.....	26cc,56	20cc,94	16cc,96
Oxygène.....	7 ,76	4 ,75	4 ,00
Oxyde de carbone.....	0	1 ,13	1 ,52

Pour éliminer l'influence que pouvait avoir une température aussi élevée (30°) sur les animaux, on a placé ceux-ci sous une cloche dans une salle placée à l'étage supérieur, où la température était à peu près celle de l'air extérieur et en leur faisant respirer de l'air emprunté, au moyen d'un aspirateur, à la salle chauffée. Après trente heures de séjour sous cette cloche, le sang de ces animaux contenait :

	Air étant humide.	Air étant sec.
Acide carbonique.....	40,0	42,73
Oxygène.....	6,25	5,32
Oxyde de carbone.....	0,75	1,93

Il est à remarquer que la proportion de l'oxyde de carbone est bien

plus faible quand l'air est humide; ce fait explique très bien cette habitude assez généralement prise de mettre un récipient d'eau sur le poêle en fonte.

Dans la *deuxième méthode*, on a fait la recherche directe de l'oxyde de carbone dans l'air de la salle chauffée :

Poêle étant à l'état normal, oxyde de carbone. . . .	= 0,0014
Poêle enduit de plombagine, »	= 0,0017
Poêle enduit de plombagine, mais de plus, balayage d'heure en heure pour soulever de la poussière.	= 0,0018

Les poêles de fonte, portés au rouge, déterminent donc dans les lieux où ils sont placés, le développement d'une proportion notable, mais variable selon les circonstances, d'oxyde de carbone, gaz éminemment toxique.

Cet oxyde de carbone peut provenir de plusieurs origines différentes et parfois concourantes, savoir :

a) La perméabilité de la fonte pour ce gaz qui passerait de l'intérieur du foyer à l'extérieur.

b) L'action directe de l'oxygène de l'air sur le carbone de la fonte chauffée au rouge. Il est permis de penser que le combustible en ignition fournit du carbone au fur et à mesure à l'enveloppe en fonte. Celle-ci absorberait donc du carbone par sa face intérieure et le dégagerait sous forme d'oxyde, par sa face extérieure.

c) La décomposition de l'acide carbonique contenu dans l'air par son contact avec le métal chauffé au rouge.

D'après les expériences dont je viens de donner les résultats résumés, il convient donc d'exclure l'emploi des appareils en fonte toutes les fois que, destinés à chauffer l'air respirable, ils peuvent être portés à la chaleur rouge.

En considérant la question à tous les points de vue physiologiques, j'arrive à conclure que : *le meilleur système de chauffage et de ventilation serait celui qui donnerait au corps une température convenable, maximum aux pieds, et un air frais et pur à hauteur de la tête, sans courant d'air.*

Il semble que c'est par un chauffage par rayonnement que ces con-

ditions seraient le plus complètement remplies; tout le monde a éprouvé la sensation de bien-être que l'on ressent en se chauffant au soleil dans les jours rigoureux de l'hiver. L'air respiré est à la température du thermomètre à l'ombre, tandis que le corps se trouve échauffé par les rayons du soleil. Ce système de chauffage s'obtiendrait en disposant près du parquet les corps chauds rayonnants tandis qu'on ferait arriver de l'air frais ou peu chauffé, par un système d'aspiration ou d'impulsion indépendant du chauffage.

Voilà le désidératum; il est facile à poser; mais la difficulté commence quand on veut étudier et installer les moyens pratiques et économiques d'obtenir les conditions recherchées.

Les cheminées ordinaires, très usitées en France, chauffent par rayonnement et présenteraient des avantages plus sérieux, abstraction faite toutefois de la question de dépense, si elles ne donnaient pas sur le plancher, un courant d'air froid qui refroidit précisément la partie du corps qu'il convient de chauffer le plus.

Certains chauffages par des poêles en terre cuite ou en briques, comme ceux qui sont employés en Russie (Mémoire présenté en 1873, par notre collègue, M. Jourdain), répondent assez bien aux conditions que j'ai exprimées; mais ils sont d'une installation bien difficile dans nos habitations et peu en harmonie d'ailleurs avec notre climat tempéré.

L'Exposition universelle de 1878, nous a fait connaître un système de chauffage de M. L. Leeds, des États-Unis, consistant dans l'emploi de radiateurs alimentés à la vapeur. Ce système paraît rationnel, mais aucun renseignement précis n'a été fourni sur le coût de l'installation et sur les résultats obtenus dans l'application.

A l'École Monge, le chauffage par rayonnement n'est pratiqué que dans une faible proportion. Il est exclusivement employé pour le parloir, où il donne un bon résultat. Mais, dans les classes, les quatre coffres des angles qui contiennent les deux tuyaux à ailettes, sont dans des conditions de température et de forme, tout à fait insuffisantes pour constituer un chauffage sérieux par rayonnement. En fait, c'est par l'air chaud que les classes sont chauffées.

Remarquons de suite que cet air est pris dans l'atmosphère au bon endroit, il est aussi pur que possible et il reste pur dans l'opération du chauffage. C'est une condition importante que ne remplissent pas tous les appareils à air chaud, chauffés directement par un foyer, lesquels

appareils ont en outre l'inconvénient d'élever l'air à une trop haute température.

Le système répond-il aux autres désidérata? Cette question m'amène à examiner le mode de circulation de l'air dans les locaux chauffés. Dans les classes, nous l'avons vu, l'air pénètre chaud au plafond et s'échappe près du parquet où il est aspiré par les gaines de ventilation. Cette circulation de haut en bas donne-t-elle les meilleurs résultats? Il est difficile de répondre.

Ah! s'il s'agissait de locaux habités le soir et munis de becs d'éclairage au gaz, par exemple un théâtre ou une salle de réunion comme celle dans laquelle je parle, je répondrais sans hésitation que la circulation de haut en bas serait mauvaise, puisqu'elle aurait pour effet de ramener sur la tête des personnes, les gaz les plus chauds et les plus impurs. Dans les salles dont l'éclairage est effectué par des foyers nombreux de lumière, qui jettent des gaz brûlés dans l'atmosphère, il n'y a donc pas à hésiter, il faut les évacuer par le haut. Mais il pourra s'établir alors des courants d'air ascendants, à moins de répartir sur un assez grand nombre d'orifices, convenablement placés, les arrivées de l'air qui vient remplacer les gaz évacués.

Avec une circulation de haut en bas, on réduit les courants d'air à leur minimum, puisque la vitesse est minimum en raison de l'écoulement par la totalité de la section. Les gaz, en effet, quand ils descendent, suivent tous les chemins qui leur sont offerts. Le renouvellement d'air est donc plus régulier et il en résulte une uniformité de température bien plus assurée dans tous les points de la salle. J'admets très bien que la réalisation de ces avantages est subordonnée à une continuité dans le régime, continuité qui cesserait d'exister si les portes des classes étaient trop souvent ouvertes; il pourrait alors entrer de l'air froid, qui donnerait un courant d'air sur les pieds des élèves.

Voilà ce que je disais en 1878 dans une première discussion. Je le répète aujourd'hui parce que je n'ai pas changé d'opinion sur ce point, mais après réflexion et après diverses observations, j'ai été amené à rendre mon opinion plus complète.

Les partisans du système d'évacuation par le bas, lui attribuent aussi cet avantage d'évacuer d'abord l'acide carbonique qui, plus dense que l'air, se trouve surtout à la partie inférieure. Évidemment cette considération est fort juste, surtout après un arrêt momentané de la ventilation; mais il ne faut pas perdre de vue cependant, que l'air vicié

sortant chaud de nos poumons, a une densité, qui peut devenir inférieure à celle de l'air frais. Il est donc probable, ou tout au moins possible, que les produits de la respiration commencent d'abord par monter vers le plafond avant de redescendre pour se classer par ordre de densités. En cet état de choses, et pour les petits locaux au moins, pourquoi ne pas évacuer les produits de la respiration par le haut dans leur premier mouvement ascendant, alors surtout, qu'en ne le faisant pas, ces produits reviendront à leur point d'origine et pourront être respirés à nouveau.

D'ailleurs il y a des vapeurs, d'autres gaz ou d'autres corps dans les produits de la respiration. Tous les physiologistes sont d'accord pour reconnaître l'influence malfaisante des miasmes; mais en quoi consistent-ils et comment s'en débarrasser le mieux ? Est-il préférable, à ce point de vue, de laisser échapper les gaz par le bas, ou par le haut. Je penche plutôt vers ce moyen, en raison des affirmations que j'ai entendu exprimer.

Sans méconnaître tous les avantages du mode de circulation adopté pour les classes de l'École Monge, je dirai que la circulation inverse de bas en haut aurait par contre le grand avantage de conduire à une ventilation automatique, beaucoup plus indépendante par conséquent de l'action des chambres d'appel, mais cette ventilation par le haut a l'inconvénient, déjà signalé, de produire des courants ascendants et par suite une répartition inégale de la chaleur. Avec le système à renversement, le moteur de la ventilation est indispensable, ce moteur doit donc être entretenu en bon état de fonctionnement ; autrement dit dans l'espèce, il faut que les différentes sections, il faut que la température des cheminées d'appel soient convenables pour produire l'effet voulu. Avec la circulation ascendante, au contraire, on arriverait beaucoup plus facilement au but, sans dépendre autant du conducteur du système, puisqu'à la rigueur, la ventilation se ferait automatiquement, c'est-à-dire naturellement, par les fissures des châssis ouvrants ou par des ouvertures ménagées *ad hoc*.

Au surplus, à l'École Monge, le besoin de ventiler par ce dernier moyen se fait sentir en toutes saisons. Pendant l'hiver, on ouvre assez souvent la partie supérieure des croisées à guillotine et pendant l'été, c'est le seul moyen de ventilation mis en usage dans les classes, puisque les chambres d'appel ne servent plus que pour la ventilation des dortoirs pendant la nuit et de quelques locaux spéciaux.

Pour résumer les résultats obtenus, je puis dire que le chauffage par hydrocalorifères répond convenablement aux besoins et qu'il fournit un fonctionnement satisfaisant. On peut craindre, et avec raison, que le système ne puisse se prêter assez rapidement à un changement d'allure, lorsque la température extérieure vient à s'élever ou à s'abaisser subitement. Il faut considérer, en effet, que la masse d'eau chaude en circulation est évaluée à 43 mètres cubes, contenus dans 80,000 kilogrammes de tuyaux en fonte, et je puis ajouter, après un calcul approximatif, que le nombre de calories emmagasinées est de 2,800,000 qui correspondent à 600 kilogrammes de houille brûlée aux chaudières, si on suppose que celles-ci possèdent un rendement de 60 pour 100.

Le volant de chaleur est donc égal à la consommation d'une journée moyenne; c'est un avantage si on veut chauffer aujourd'hui comme l'on a chauffé hier, parce que les petites irrégularités se font moins sentir, mais c'est un inconvénient sérieux si on a besoin de changer rapidement l'allure, soit parce que la température extérieure a subi une variation brusque, soit par suite d'un accident survenu qui amènerait une cessation momentanée de chauffage et qui obligerait à une remise en marche. Ce dernier inconvénient ne s'est jamais produit à l'École Monge.

Le système est économique puisqu'il n'exige que 5 à 6 tonnes de houille pour chauffer pendant l'année, 1000 mètres cubes. Cette consommation sera plus réduite encore dans l'avenir, pour les années peu rigoureuses; car 120 tonnes ont suffi pour assurer le chauffage l'hiver dernier, du mois d'octobre au mois de mai, et certes la saison a été rigoureuse. Il est vrai que les frais de premier établissement sont plus élevés qu'avec des calorifères à air chaud (l'installation complète du système de chauffage et de ventilation de l'École Monge a coûté cent mille francs); mais ces frais supplémentaires sont bien vite regagnés par les économies faites sur les dépenses annuelles.

Paris, 15 mai 1880.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

ÉPREUVES DE RÉSISTANCE A LA TRACTION

ÉTUDE

SUR LES

ALLONGEMENTS DES MÉTAUX APRÈS RUPTURE

PAR M. J. BARBA.

Les phénomènes que l'on peut observer dans les expériences de traction sur les métaux, et spécialement sur l'acier ont été traités d'une manière fort remarquable, par MM. Marché et Gautier, devant la Société des Ingénieurs civils, dans des discussions remontant déjà à quelques années. De nombreux ingénieurs se sont aussi occupés de cette étude en France et à l'étranger.

Il m'a paru intéressant d'exposer quelques faits nouveaux, permettant de préciser la question, en indiquant diverses expériences faites aux Usines du Creuzot; je m'efforcerai en même temps d'expliquer les phénomènes observés.

La qualité et la dureté d'un métal sont indiquées généralement d'après la pratique actuelle, par les chiffres donnés à l'essai de traction, et plus rarement par les résultats des expériences au choc, à la flexion, à la torsion ou compression. La facilité de l'expérience de traction et le grand nombre de données, que tout le monde possède sur cet essai, sont la cause de la préférence accordée à ce dernier.

Dans tout essai de traction, l'éprouvette expérimentée passe par trois périodes très distinctes qui sont :

1° La période élastique ;

2° La première période de déformation partant de la limite d'élasticité, pour arriver au maximum de résistance ;

3° La deuxième période de déformation partant du maximum de résistance pour arriver à la rupture complète.

Pendant cette dernière période, l'allongement que prend le métal se localise dans une partie de l'éprouvette, les autres restant absolument stationnaires. Cette déformation, qui a une grande influence sur l'allongement pour 100, produit ce qu'on est convenu d'appeler la striction.

L'observation de ces trois périodes permet de noter les trois chiffres, qui caractérisent le métal expérimenté ; ces chiffres sont les suivants :

1° Limite d'élasticité ;

2° Charge à la rupture en kilogrammes par millimètre carré de section ;

3° Allongement total après rupture.

Ces trois chiffres peuvent avoir, pour un même métal, des valeurs différentes, suivant le mode de préparation de ce métal, le mode d'expérimentation, et aussi suivant la forme et les dimensions de l'éprouvette.

I

Influence des têtes des éprouvettes.

Si une tige $a\ b\ c\ d$ (fig. 1, pl. 7), sans têtes et de forme régulière sur toute sa longueur, était soumise à un effort de traction, abstraction faite de toute autre force extérieure, cette tige, sous les efforts P et Q uniformément répartis sur toute la section, s'allongerait régulièrement et prendrait la forme $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$; cela revient à dire que les fibres s'allongeraient également, et que la largeur diminuerait, de telle sorte que le volume $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$ resterait égal au volume initial $a\ b\ c\ d$, attendu que les métaux ne sont pas pratiquement compressibles. (*Expériences de M. Tresca sur l'écoulement des corps solides* [1].)

1. M. Marché a admis également la constance pratique du volume dans la communication qu'il a faite en 1875, sur le même sujet.

Pour les essais de traction qu'on fait journellement on est obligé, ou de saisir la tige avec des mâchoires agissant sur un petit renflement, ou de lui donner, comme on le fait généralement, une tête assez forte à chaque extrémité, de façon que la rupture ne puisse avoir lieu en dehors de la partie expérimentée. Voyons ce qui se passe dans ce dernier cas pendant la première période de déformation.

Prenons dans la tête de l'éprouvette (fig. 2, pl. 7), une tranche horizontale $a\ b$, que nous pourrons considérer comme non déformable[1], à cause de sa section considérable, et examinons la tranche voisine $p\ q$.

Par suite de l'allongement que prendra l'éprouvette, et en raison de la symétrie, le point r de la tranche verticale milieu $m\ r$ viendra en r_1. De même le point p de la fibre extérieure supposée isolée devrait venir en p_1; mais les fibres étant réunies par l'ensemble du solide, le point p viendra en p_2 en se rapprochant de la ligne $a_1\ c_1$ de telle sorte, que le volume engendré par $a\ p_2\ r_1\ m$ reste égal au volume primitif engendré par $a\ p\ r\ m$ tournant autour de l'axe du boulon.

La tranche voisine $s\ t$ subira un déplacement analogue, s viendra en s_2 et ainsi de suite pour tous les points de la fibre $a\ c$ tendant, à mesure qu'on s'éloigne de la tête, à se rapprocher de plus en plus de la position $a_1\ c_1$ qu'ils occuperaient si on avait pu supprimer l'influence de cette tête; la section de l'eprouvette va donc diminuant progressivement, jusqu'à ce qu'elle atteigne la section $a_1\ b_1$ correspondant à la charge maxima que le métal expérimenté peut supporter.

Le même raisonnement est encore vrai pendant la deuxième période de déformation.

Quand le métal a fourni sa résistance maximum, un point faible se déclare dans la section la plus réduite, et le diamètre diminue jusqu'à ce qu'il arrive à un certain minimum variable avec la nature du métal.

D'après ce qui précède, les fibres extérieures devant, par leur allongement, constituer la courbe de profil extérieur, tandis que la fibre centrale reste droite, devraient s'allonger davantage et supporter par suite la plus forte charge; c'est alors par elles que la rupture devrait

1. Nous supposerons dans ce qui suit, que la charge se répartit également dans toute la section $a\ b$, ce qui n'a pas lieu mathématiquement; mais d'après les explications que nous donnerons des phénomènes observés, on verra que nous n'aurons pas besoin d'admettre une inégalité dans la répartition; nous n'en avons aperçu nulle part l'influence d'une manière appréciable.

commencer, si, comme on le verra plus loin, la forme nouvelle et courbe qu'affectent les fibres extérieures n'exerçait pas une influence sensible sur les fibres intérieures. En effet, un élément AB (fig. 3, pl. 7) de la fibre extérieure est sollicité par deux forces P sensiblement égales faisant entre elles un certain angle, puisque la direction des forces telles que P pour toute cette fibre, suit le contour de celle-ci.

Pour que l'équilibre puisse être conservé, il est nécessaire que cet élément reçoive des éléments intérieurs voisins, une réaction p_1 égale à la résultante des deux forces P.

Réciproquement, l'élément considéré exerce sur les éléments voisins l'effort p [1]. En appliquant le même raisonnement aux fibres longitudinales successives, on voit que la fibre centrale reçoit une série de forces obliques telles que p, dont les composantes p'' s'annulent par suite de la symétrie; mais les composantes p' s'ajoutent et diminuent d'autant, sur la fibre centrale, la charge provenant de l'essai de traction.

La fibre centrale est donc la moins chargée par millimètre carré; les fibres extérieures subissent les plus fortes charges, et les fibres intermédiaires des charges moyennes entre celles supportées par la fibre centrale et les fibres extérieures [2].

Lorsque l'on trace des lignes horizontales sur une barrette de section rectangulaire, ces lignes prennent, sous un effort de traction, les positions *a b, c d*, etc... (fig. 4, pl. 7), c'est-à-dire qu'elles tournent leur concavité vers le milieu; il en résulte que la fibre centrale sera celle qui s'allongera le moins, et conservera l'épaisseur la plus grande. Dans la partie *g h*, où les efforts latéraux n'existent pas, les fibres devraient être également chargées; mais la fibre centrale devant fournir en *e f* un allongement considérable pour compenser l'allongement que n'ont pu fournir ses parties supérieure et inférieure, il en résulte que la majeure portion de l'effort de traction a lieu sur cette fibre, et que la charge y devient plus considérable par millimètre carré que dans le voisinage.

1. L'existence de cette compression se manifeste par le développement de chaleur, qui accompagne la traction des éprouvettes, bien qu'il coïncide avec un léger accroissement de volume. On ne peut l'expliquer qu'en admettant un accroissement de la force répulsive (ou chaleur), entre les molécules qui se rapprochent, plus considérable que l'absorption de chaleur ou diminution de la force répulsive pour les molécules qui s'éloignent.

2. Un raisonnement analogue permet d'expliquer la cassure d'une éprouvette homogène, qui affecte toujours la forme conique vers les fibres extérieures.

Cette fibre s'allonge alors en diminuant fortement d'épaisseur et se brise la première; les fibres extérieures ne se rompent qu'un instant après, par suite de l'augmentation de charge par millimètre carré, résultant de la suppression de la résistance de la partie centrale.

La vérification de ce raisonnement s'observe pratiquement, quelle que soit la forme de la section de l'éprouvette. Avec la section rectangulaire, on l'observe facilement sans avoir recours comme pour la section ronde, au découpage du barreau, par un plan passant par la fibre centrale. Ce découpage permet d'apercevoir le défourni de matière qui existe entre les deux parties de l'éprouvette placées bout à bout.

En résumant tout ce qui précède, nous voyons que dans une barrette soumise à un effort de traction, on arrive aux conclusions théoriques suivantes basées sur l'hypothèse que les volumes ou densités restent constants, tout allongement se traduisant par une réduction de section correspondante [1] :

1° Le barreau d'épreuve prend, par suite des têtes, un profil courbe tangent au rectangle, qu'il prendrait après déformation, si les têtes n'existaient pas;

2° La fibre centrale est la moins chargée et conserve la plus grande épaisseur dans la partie correspondant au profil extérieur convexe;

3° Dans la région de raccordement entre les deux parties convexes, ou de tangence du rectangle précité [2], c'est-à-dire pendant la deuxième période de déformation, la fibre centrale est de beaucoup la plus chargée et se rompt la première.

II

Vérification pratique de la constance du volume.

La variation de volume des éprouvettes pendant l'essai de traction est peu sensible, et permet d'admettre pratiquement, sans erreur appréciable, la constance du volume.

1. L'augmentation insensible après rupture par traction du volume de l'éprouvette, traitée dans le chapitre suivant, est négligeable.

2. D'après la déformation qu'il subit, un barreau rigoureusement homogène, doit se rompre au milieu de la longueur, la striction se produisant à l'endroit de la section la plus réduite à la fin de la première période de déformation. Les défauts d'homogénéité seuls entraînent des ruptures en d'autres points et quelquefois des strictions multiples.

Pour démontrer cette constance on a préparé avec grand soin une barrette à section rectangulaire, de 75 millimètres de largeur et de 12,6 millimètres d'épaisseur sur laquelle on a tracé une série de lignes longitudinales et transversales, distantes de 5 millimètres. Cette barrette, soumise à l'essai de traction, ne s'est pas rompu tout à fait exactement en son milieu ; les épaisseurs et les largeurs ont été ensuite mesurées très exactement.

Le volume primitif A B B′ A′ (fig. 5, pl. 7 et pl. 6), compris entre les naissances des congés des deux têtes, était de :

$$12{,}6 \times 75 \times 105 = 99225 \text{ millimètres cubes.}$$

Après rupture, en faisant le cube de chacun des éléments, on a trouvé un volume total de :

99,578 millimètres cubes, soit une différence ou augmentation de volume de :

$$\frac{353}{99225} = 0{,}00350.$$

Deux autres barrettes rectangulaires de 70 millimètres de largeur et de 10 millimètres d'épaisseur, préparées de la même manière que celle indiquée ci-dessus, ont donné après rupture une augmentation moyenne de volume de 0,00385 vérifiée par le même procédé.

En vue d'apprécier et de corriger les erreurs probables qu'on avait pu faire dans la prise des dimensions de ces barrettes, on a eu recours à un autre procédé de mesurage excluant toute chance sérieuse d'erreur.

Pour cela, deux barreaux à section ronde de la forme figure 6, ont été expérimentés à un aéromètre du système Nicholson pouvant, pour la recherche des poids spécifiques, mesurer des échantillons pesant jusqu'à 2 kilogrammes et à moins de 1 millimètre cube près.

Ces deux éprouvettes en acier doux ont donné à l'essai de traction et à la pesée de l'aréomètre les résultats suivants :

N^os des éprouvettes	Essai à la traction			Recherche du volume		
	CHARGE de rupture par m/m²	Allongement pour 100	Striction	Avant l'essai	Après l'essai	Différence.
	k	%		m/m³	m/m³	m/m³
1	41.8	27.5	0.412	247600	247750	150
2	41.7	27.5	0.412	249750	249950	200
Moyennes.	»	»	»	248675	248850	175

L'augmentation du volume de l'éprouvette est donc en moyenne de :

$$\frac{175}{248675} = 0{,}000704.$$

Ce dernier résultat montre, mieux que les deux précédents moins exacts, que l'augmentation de volume est insignifiante ; aussi, il n'en sera pas tenu compte dans les chapitres suivants.

En examinant les éprouvettes à sections rectangulaires, après déformation, on voit tout d'abord que, si l'on supprime l'allongement qui s'est produit au moment de la striction, la courbe extérieure est tangente à une droite MN, (fig. 7, pl. 7) qui est la forme idéale de la barrette sans tête, la largeur LD correspondant à la résistance maxima de l'éprouvette.

On remarque de plus, sur la barrette de 75 millimètres de largeur par exemple figurée pl. 6, qu'en dehors de la striction, les épaisseurs de la fibre centrale sont les plus considérables puisqu'elles varient de 11,80 à 10,31 millimètres tandis que pour les bords les épaisseurs maxima et minima varient de 11,10 à 9,76 millimètres. Dans la région de la striction au contraire, l'épaisseur au milieu est de 7,91 et de 9,61 millimètres sur les bords ; on constate en outre que l'épaisseur varie régulièrement du bord au milieu en augmentant graduellement sauf en deux endroits sur la fibre centrale où elle est plus faible par suite d'un commencement de striction dû sans doute à un défaut d'homogénéité.

Ces observations pratiques confirment pleinement la théorie exposée ci-dessus.

III

Comparaison après rupture des diverses sections d'une même éprouvette.

La nouvelle forme de la même éprouvette (pl. 6) a permis ensuite de rechercher les variations, en différents points, du rapport primitif entre la largeur et l'épaisseur. Pour cela, on a pris sur une même ligne transversale transformée en courbe par la déformation moyenne des épaisseurs [1] et la largeur de la barrette au milieu de cette courbe; la moyenne de ces dimensions pour les ordonnées symétriques 0 et 21, 1 et 20, etc..., est résumée dans le tableau suivant :

DÉSIGNATION	N°s DES ORDONNÉES											
	DIMENSIONS PRIMITIVES	0-21	1-20	2-19	3-18	4-17	5-16	6-15	7-14	8-13	9-12	10-11
Largeurs l..	m/m 75.0	m/m 71.5	m/m 70.4	m/m 69.5	m/m 68.5	m/m 67.5	m/m 66.5	m/m 65.3	m/m 63.8	m/m 61.7	m/m 57.6	m/m 55.5
Épaisseurs e.	12.6	11.55	11.51	11.45	11.37	11.28	11.15	11.01	10.77	10.42	9.86	9.10
Rapport $\frac{l}{e}$...	5.95	6.19	6.11	6.07	6.02	6.02	5.96	5.93	5.92	5.92	5.84	6.09
							<..... a ..... × ..... b .....>					

L'examen de ce tableau montre :

1° Que le rapport primitif entre la largeur et l'épaisseur est resté le même dans la région a, voisine du milieu de la barrette, mais en dehors de la striction; les sections successives restant par suite semblables à elles-mêmes et à leur forme initiale.

2° Que, dans la partie b de la striction, le rapport n'est plus rigoureusement le même, mais peut être considéré comme invariable, malgré cela, eu égard aux difficultés et erreurs de mesurage qu'on ne peut éviter dans une partie aussi déformée.

3° Que dans le voisinage des têtes, ce même rapport n'existe plus. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point de détail.

1. Les épaisseurs ont été mesurées avec un Palmer à pression constante donnant le centième de millimètre.

IV

Influence de la variation simultanée des dimensions transversales et de la longueur. — Loi de similitude.

Considérons d'abord deux barreaux géométriquement semblables, de forme circulaire par exemple et de sections ω et Ω.

S'ils n'avaient pas de têtes, ils se déformeraient en conservant, avant striction, la forme cylindrique et le même volume qu'auparavant, de façon que les sections ω' et Ω' avant striction supportassent, par millimètre carré, la même charge correspondant à la charge maxima avant rupture.

Le rapport $\frac{\omega'}{\Omega'}$ sera donc maintenu dans le rapport des sections primitives $\frac{\omega}{\Omega}$.

Il en sera de même pour la région soumise à la striction.

Si on suppose maintenant que, par suite de l'influence des têtes, les parties supérieure et inférieure du barreau soient indéformables, on peut tracer, par un raisonnement analogue à celui du chapitre I^er^, la courbe A B C de déformation avant striction qui sera tangente au cylindre représentant la déformation théorique du barreau sans têtes. (fig. 8, pl. 7).

Il suffit pour cela, de déterminer la position de chaque fibre par rapport à sa voisine, de façon à maintenir la constance du volume primitif.

En supposant connue la loi de variation de diamètre résultant de l'écoulement de matière qui constitue la striction, on pourra établir de la même manière la courbe de déformation de la région qui subit la striction.

Pour un deuxième barreau géométriquement semblable au précédent, on pourra, par un simple changement d'échelle, tracer les courbes de déformation avant et après striction. Rien ne sera modifié, car les directions des forces en chacun des éléments seront les mêmes, et les mêmes raisonnements pourront s'appliquer d'une manière rigoureuse.

Les figures de déformation avant et après striction seront donc géo-

métriquement semblables comme les formes primitives. L'allongement pour 100 de deux éprouvettes semblables est donc le même.

Dans le but de démontrer pratiquement la loi de similitude après rupture de barreaux semblables, on a fait les essais suivants :

Afin d'obtenir de grands allongements permettant de constater facilement leurs variations suivant les dimensions des éprouvettes, on prit un riblon d'acier extra-doux qui fut martelé suivant un parallélépipède à base octogonale de 80/80, puis laminé en une barre ronde de 30 millimètres de diamètre.

Cette barre fut ensuite recuite très uniformément et avec beaucoup de soins, afin d'annuler l'écrouissage superficiel dû au laminage et pour assurer au métal une homogénéité aussi parfaite que possible.

Les divers barreaux d'épreuve furent découpés au tour, les uns à la suite des autres et numérotés comme il est indiqué (fig. 9, pl. 7).

Ces barreaux ont formé deux séries : la première comprend les numéros 1, 2, 3, ayant des longueurs et diamètres proportionnels comme l'indique le tableau suivant. La deuxième série est formée par les barreaux n^{os} 4, 5, 6, ayant chacun 100 millimètres de longueur entre repères et des diamètres obtenus au tour de 5, 10 et 20 millimètres.

Cette deuxième série devait servir à constater simplement l'influence du diamètre sur l'allongement à la rupture ; on en verra plus loin les résultats. La première série devait permettre de vérifier la loi de similitude.

PREMIÈRE SÉRIE.

Numéros des éprouvettes	Diamètre des éprouvettes	Longueur entre repères.	RÉSISTANCE. Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement total.	Allongement pour 100.
	m/m	m/m	kil.	kil.	m/m	%
1	20	200	24.8	37.6	62.0	31.0
2	10	100	24.7	36.8	30.5	30.5
3	5	50	24.8	37.7	15.7	31.4

Ces expériences portant sur un nombre trop restreint de barreaux, il a paru nécessaire de les continuer, en opérant sur un plus grand nombre d'éprouvettes.

On a cru devoir employer pour cela deux nuances d'acier, l'un doux, l'autre dur.

Les barreaux d'épreuve préparés comme il est dit plus haut, ont été découpés par séries dans des barres laminées de 40 millimètres de diamètre et on leur a donné des diamètres et des longueurs proportionnels; de plus le temps employé pour chaque épreuve à la traction a été sensiblement le même.

La moyenne des résultats par série est la suivante :

ACIER DOUX.

DIMENSIONS DES BARREAUX D'ÉPREUVE				RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.	
Numéros des séries.	Diamètre.	Longueur entre repères.	Rapport du diamètre à la longueur utile.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Allongement TOTAL sur la longueur utile.	Allongement correspondant pour 100.
	m/m	m/m		k.	k.		m/m	%
1	6.90	50		24.0	42.2	0.307	16.4	32.8
2	10.35	75		24.0	42.0	0.310	24.9	33.2
3	13.80	100		24.2	42.1	0.303	33.0	33.0
4	17.25	125	7.24	23.9	41.7	0.314	41.8	33.5
5	20.70	150		23.8	41.6	0.308	50.4	33.6
6	24.15	175		24.0	40.9	0.303	58.0	33.2
7	27.60	200		24.1	40.0	0.312	66.0	33.0
8	31.05	225		24.0	39.6	0.305	76.5	34.0
Moyennes.				24.0	41.3	0.308		33.3

ACIER DUR.

DIMENSIONS DES BARREAUX D'ÉPREUVE				RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.	
Numéros des séries.	Diamètre.	Longueur entre repères.	Rapport du diamètre à la longueur utile.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Allongement TOTAL sur la longueur utile.	Allongement correspondant pour 100.
	m/m	m/m		k.	k.		m/m	%
1	6.90	50		32.7	64.8	0.635	10.0	20.0
2	10.35	75		36.6	64.9	0.620	14.1	18.8
3	13.80	100		35.7	63.8	0.626	18.2	18.2
4	17.25	125	7.24	38.0	63.3	0.616	22.7	18.1
5	20.70	150		40.6	63.5	0.682	27.0	18.0
6	24.15	175		38.1	62.0	0.642	31.7	18.1
7	27.60	200		38.1	63.2	0.656	39.0	19.5
8	31.05	225				non essayée		
Moyennes.				37.1	63.6	0.639		18.6

Des expériences analogues moins nombreuses, exécutées vers la fin de l'année 1878 par MM. Lebasteur et G. Marié, ingénieurs à la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M, avaient déjà déterminé et vérifié cette loi de similitude.

Les recherches faites par le service du Contrôle des travaux de cette Compagnie ont eu pour effet d'uniformiser les chiffres d'essais obtenus par ses agents dans les usines, en créant des éprouvettes-types dont les dimensions restent toujours proportionnelles à celles imposées dans beaucoup de cas par la forme des matières à contrôler.

V

Influence de la largeur. — Influence de la longueur.

Si nous prenons deux boulons de même longueur mais de diamètres différents, fig. 10, il sera facile après essai de tracer, dans les deux cas, le contour extérieur. Pour le boulon A, le premier élément de la fibre centrale $a\,c$ deviendra $a\,c'$, et pour la fibre extérieure le point b se placera en b' de telle sorte que le volume engendré par $a\,d\,b'\,c'$ soit égal au volume engendré par $a\,d\,b\,c$.

Pour le boulon B de diamètre double par exemple, c_1 viendra en c_1' et b_1 en b_1' de façon que $a_1\,d\,b_1'\,c_1'$ soit égal à $a_1\,d_1\,b_1\,c_1$. Je dis que si $b_1'\,c_1'$ est double de $b'\,c'$, le volume engendré par la rotation de $a_1\,d_1\,b_1'\,c_1'$ sera quadruple du volume engendré par $a\,d\,b'\,c'$.

En effet, ces deux surfaces $a_1\,d_1\,b_1'\,c_1'$ et $a\,d\,b'\,c'$ [1] ont un angle droit et deux côtés égaux, $a\,c' = a_1\,c_1'$ et $d\,b = d_1\,b_1'$; les deux autres côtés sont dans un rapport constant. Ces surfaces seront donc dans le rapport $\frac{a_1\,d_1}{a\,d}$; les centres de gravité de ces surfaces seront distants de l'axe de quantités évidemment dans le même rapport $\frac{a_1\,d_1}{a\,d}$. Les volumes engendrés, pouvant être exprimés par le produit des surfaces qui les engendrent par la circonférence décrite par leur centre de gravité, seront dans le rapport $\frac{\overline{a_1\,d_1}^2}{\overline{a\,d}^2}$, c'est-à-dire dans le rapport des volumes primitifs. Si ceux-ci sont quadruples l'un de l'autre avant déformation, ils le seront encore après.

1. Nous admettons qu'avant striction, les fibres extérieures de deux barreaux ont le même allongement, quel que soit le diamètre, c'est-à-dire que $d\,b' = d_1\,b_1'$.

On en conclut aisément la proposition réciproque exigeant pour la conservation du volume primitif une distance $b_1' c_1'$ double de $b' c'$, si $a_1 d_1$ est double de $a d$.

En continuant le même raisonnement pour les éléments successifs, on arrive à reconnaître que, dans deux barreaux de même longueur et de diamètres différents, les distances à l'axe des points placés à la même distance des têtes sont dans un rapport constant égal au rapport primitif.

Cette conclusion a d'ailleurs été vérifiée comme on peut le voir dans un tableau précédent donnant pour une barrette rectangulaire le rapport de la largeur à l'épaisseur après rupture par traction. On a trouvé que pour une barrette plate, à une distance suffisante des têtes, le rapport de la largeur à l'épaisseur est constant et égal au rapport primitif, absolument comme si on comparait deux boulons de diamètres égaux, l'un à la largeur, l'autre à l'épaisseur. On voit donc que l'allongement avant striction doit être indépendant du diamètre, nous le démontrerons plus loin d'une manière rigoureuse.

Supposons maintenant deux barreaux ronds, A et B, de même diamètre mais de longueurs différentes, et un troisième boulon, C, de même longueur que B, mais ayant un diamètre b tel $\frac{b}{a} = \frac{L}{l}$, (fig. 11, pl. 7), Ce boulon C est géométriquement semblable à A, et comme on l'a vu, les courbes de déformation sont semblables, c'est-à-dire que les abscisses et ordonnées X Y, x y, de points tels que D et d sont liées par les relations :

$$\frac{X}{x} = \frac{Y}{y} = \frac{b}{a} = \frac{L}{l}.$$

D'un autre côté, dans les boulons B et C de même longueur, on a vu que pour une même ordonnée $Y = y'$ les abscisses X et x' sont dans le rapport des diamètres primitifs.

$$\frac{X}{x'} = \frac{b}{a}.$$

Donc
$$\frac{X}{x} = \frac{Y}{y} = \frac{L}{l} = \frac{X}{x'} = \frac{b}{a}$$

d'où :
$$x = x' \text{ et } \frac{y'}{y} = \frac{b}{a}.$$

Ainsi les diamètres sont les mêmes à des distances aux têtes qui sont dans un rapport égal au rapport des longueurs primitives.

En résumant ce qui précède, on voit qu'étant donnée la déformation

avant striction d'un boulon-type, on aura celle d'un boulon quelconque en augmentant les abscisses dans le rapport des diamètres primitifs et les ordonnées dans le rapport des longueurs primitives.

Il est facile de démontrer que les allongements pour 100 avant striction sont les mêmes dans tous les cas. Un boulon $a\,d\,d'\,a'$ (fig. 12, pl. 7), devenant $a\,b\,c\,c'\,b'\,a'$ s'allonge de $c\,d$; en vertu de la constance du volume, le volume engendré par la surface hachée tournant autour de l'axe doit être égal au volume $d\,c\,c'\,d' = \frac{\pi\,D^2}{4}\lambda$, si D est le diamètre du boulon et λ l'allongement.

La surface hachée est proportionnelle au diamètre et à la longueur d'après ce que nous venons d'exposer ; on peut l'exprimer sous la forme $K\,D\,(l+\lambda)$; K étant une constante. Le centre de gravité de cette surface sera distant de l'axe d'une quantité proportionnelle au rayon; la circonférence qu'il décrit autour de l'axe a une valeur qu'on peut écrire $K'\,D$; K' étant une constante. Le volume engendré sera $K\,D^2\,(l+\lambda)\,K'$; par suite :

$$\frac{\pi\,D^2}{4}\lambda = K\,D^2\,(l+\lambda)\,K'$$

d'où :

$$\lambda = \frac{K\,K'}{\frac{\pi}{4} - K\,K'}\,l.$$

L'allongement total est proportionnel à la longueur ; par suite l'allongement pour 100 avant striction est rigousement constant pour un même métal, quelles que soient les dimensions en diamètre et longueur des barreaux d'épreuve.

La striction produit au contraire une grande différence dans l'allongement pour 100; nous pouvons maintenant la déterminer.

Soient (fig. 13, pl. 7), deux boulons quelconques de diamètres primitifs d et D; si x et X sont les longueurs primitives fournissant la striction, elles seront devenues après striction et rupture :

$$x + \Delta\,x \text{ et } X + \Delta\,X.$$

La striction du barreau D est identique à celle d'un boulon de diamètre primitif D semblable à d.

On aura alors :

$$\frac{X}{x} = \frac{D}{d} \text{ et } \frac{X+\Delta\,X}{x+\Delta\,x} = \frac{D}{d}.$$

D'où :

$$\Delta X = \frac{D}{d} \Delta x.$$

Si les boulons ont une longueur l et L et un allongement pour 100 avant striction λ', qui est le même pour les deux barreaux comme nous l'avons vu précédemment, les allongements pour 100 totaux seront :

$$\lambda' + \frac{\Delta x}{l} \text{ et } \lambda' + \frac{\Delta X}{L}$$

ou :

$$\lambda' + \frac{\Delta x}{l} \text{ et } \lambda' + \frac{D}{d\,L} \Delta x.$$

Ces deux dernières valeurs diffèrent d'une quantité,

$$\left(\frac{D}{d\,L} - \frac{1}{l}\right) \Delta x.$$

Pour rendre cette différence la plus grande possible, on voit que $\frac{D}{L}$ doit avoir la plus grande valeur possible, c'est-à-dire qu'il faut un grand diamètre et observer l'allongement sur peu de longueur.

Pour vérifier expérimentalement l'influence sur l'allongement du rapport du diamètre à la longueur, on a essayé à la rupture les boulons dont on a indiqué la préparation au chapitre VI ; ces boulons avaient même longueur pour des diamètres de 5, 10 et 20 millimètres.

L'expérience a été répétée sur une barre d'acier d'une plus grande dureté, préparée de la même façon, ayant donné des barreaux de mêmes dimensions que celle en acier doux.

Les résultats observés sont les suivants :

ACIER DOUX.

Numéros des éprouvettes	Diamètre des éprouvettes	Longueur entre repères.	RÉSISTANCE. Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement total.	Allongement pour 100.
	m/m	m/m	kil.	kil.	m/m	%
1	20	100	25.0	37.0	37.5	37.5
2	10	100	24.8	36.9	30.2	30.2
3	5	100	25.2	37.6	25.0	25.0

ACIER DEMI-DUR.

Numéros des éprouvettes	Diamètre des éprouvettes	Longueur entre repères.	RÉSISTANCE. Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement total.	Allongement pour 100.
	m/m	m/m	kil.	kil.	m/m	0/0
1	20	100	34.5	59.3	25.9	25.9
2	10	100	33.5	59.4	21.0	21.0
3	5	100	33.0	60.0	17.0	17.0

Ces deux tableaux montrent bien, que le plus grand allongement pour 100 d'un métal sera donné par l'éprouvette, qui aura le plus grand diamètre possible, et une longueur petite entre repères.

Ces dernières expériences, quoique peu nombreuses, permettent de vérifier suffisamment la formule précédente, donnant les différences des allongements pour 100 de deux éprouvettes ; les différences que cette formule indique, sont très voisines de ce qu'on a observé.

Les expériences suivantes, que j'ai exécutées en 1875 au port de Lorient, sur des boulons de blindages, en acier du Creuzot, au moyen d'un appareil de traction par choc[1], confirment la loi énoncée plus haut, et sont d'autant plus intéressantes, que les diamètres des éprouvettes essayées sont très grands.

Le tableau ci-dessous et les fig. 24 et 25, pl. 7, donnent les résultats obtenus et les dimensions après rupture de deux boulons de 50 et 80 millimètres de diamètre.

[1] Voir ci-après l'influence de tractions répétées.

Diamètre des boulons.	Charge de rupture par millim².	Rapport de la section rompue à la section primitive.	ALLONGEMENTS TOTAUX.					
			Sur 100.		Sur 200.		Sur 300.	
			TOTAL.	0/0	TOTAL.	0/0	TOTAL.	0/0
m/m	kil.		m/m		m/m		m/m	
50	55	0.535	46.5	46.5	75.5	37.7	88.7	29.6
80	55	0.537	55.0	55.0	82.5	41.2	103.5	34.6

Ce même métal essayé avec l'éprouvette-type de 16 millimètres de diamètre, donne un allongement moyen de 25 pour 100 sur 100 millimètres de longueur.

On voit donc d'après les résultats ci-dessus, et avec ce qui précède, que l'allongement pour 100 indiqué ou demandé pour un métal n'a aucune valeur, si, en regard de cet allongement, on ne mentionne pas le diamètre du barreau d'épreuve puisqu'on peut doubler, tripler, etc., l'allongement en augmentant démesurément le diamètre de l'éprouvette.

On aurait pu, dans le tableau ci-dessus, indiquer les allongements sur des longueurs plus grandes, mais on en a été empêché par les considérations suivantes :

Ces boulons, que j'avais fait préparer par un mode spécial de fabrication, avaient leur taraudage et la partie lisse *a* trempés, et par conséquent durcis par l'action de cette trempe, qui se fait sentir sur une certaine portion de la partie *b*. On a donc été obligé de renoncer à compter l'allongement sur les parties *a* et *b*.

La trempe de ces boulons avait pour effet, de rendre la résistance de la partie filetée supérieure à celle de la partie lisse, et de permettre au boulon tout entier de subir un allongement considérable. Aussi, tandis qu'un boulon non préparé se brisait d'un coup de mouton de 1,000 kilogrammes, tombant de 3m,50 en agissant par traction, les boulons de même forme extérieure, mais convenablement préparés ne se brisaient qu'après 32 coups du même mouton tombant d'une hauteur de 7m20[1]. Les premiers n'avaient qu'un allongement imperceptible ; les fig. 24 et 25, pl. 7, représentent les boulons avant et après rupture.

1. Les boulons de 80 millimètres supportaient 32 coups en moyenne ; ceux de 50 millimètres de 4 à 5 coups.

VI

Relation devant exister entre les dimensions de diverses éprouvettes de même métal, pour qu'elles puissent donner aux essais les mêmes résultats.

Les considérations qui précèdent ont amené à chercher une formule, qui permette de comparer entre eux et uniformiser les résultats des essais de traction en faisant varier la longueur des éprouvettes, proportionnellement à la valeur de leur section transversale.

Cette formule basée sur les dimensions de l'éprouvette-type du Creuzot (diamètre 16 millimètres, longueur utile 100 millimètres), est la suivante :

$$L^2 = 50\ S$$

dans laquelle, L sera la longueur en millimètres et S la section en millimètres carrés.

Le type des éprouvettes variant pour chaque Compagnie, il sera toujours facile de modifier cette formule suivant les cas ; ainsi le chemin de fer P. L. M. applique la relation :

$$L^2 = 80\ S$$

parce que cette Compagnie a adopté pour son éprouvette-type, le diamètre de 25 millimètres 2, correspondant à 500 millimètres ^{2} de section, et une longueur utile de 200 millimètres.

VII

Influence de la distance des points de repères aux têtes.

D'après la forme que prend l'éprouvette pendant la déformation avant striction, on voit que l'allongement sera d'autant plus grand, que les points de repères de la partie expérimentée seront plus éloignés des têtes.

En effet, supposons deux barreaux sortant du même métal, de même diamètre et de longueurs différentes entre les têtes, mais tels que la

longueur expérimentée, soit la même pour les deux, ou que A B = A′ B′ (fig. 14, pl. 7).

Après la première période de déformation le barreau A B prendra la forme $a\ c\ b_1\ b_1\ c\ a$ et second A′ B′ deviendra $a'\ c'\ b_1'\ b_1'\ c'\ a'$ suivant la forme raisonnée ci-dessus, telle que pour les mêmes abscisses ou distances à l'axe, les ordonnées verticales soient dans le rapport des distances entre les têtes.

L'allongement donné par le premier barreau sera mesuré par le volume engendré par la rotation de $a\ c\ b_1$, évidemment plus petit que le volume engendré par $a'\ c'\ b_1'$ du second barreau, puisque $c\ c$ est forcément égal à $c'\ c'$; il en résulte que, dans un barreau d'essai, la distance du point de repère à la tête influe sur l'allongement et que cet allongement sera d'autant plus grand, que cette distance sera plus considérable.

Pour avoir une idée de la différence existant entre les allongements obtenus pour un même métal, avec des éprouvettes possédant des repères plus ou moins éloignés des têtes, on a eu recours à l'essai suivant :

Dans une barre ronde laminée homogène en acier doux on a découpé, les uns à la suite des autres, dix barreaux d'épreuve, qui ont tous été tournés suivant la forme (fig. 15, pl. 7), avec des longueurs entre repères variant entre elles de 50 millimètres, depuis 50 millimètres jusqu'à 500 millimètres.

On a tracé ensuite sur le barreau de 500 millimètres de longueur des traits distants de 10 millimètres, afin de pouvoir après l'essai de traction mesurer sur le barreau les allongements obtenus sur des longueurs primitives de 50 millimètres, 100 millimètres, 150 millimètres, etc. (en comprenant, bien entendu, la striction dans la partie mesurée), et cela afin de comparer ces allongements à ceux donnés par les neuf premiers barreaux.

Les deux tableaux ci-dessous donnent les résultats obtenus.

1° 1 Barreau de 500 millimètres entre les repères.

Numéros des éprouvettes.	DIMENSIONS.		RÉSISTANCE.			ALLONGEMENTS MESURÉS SUR :																	
						50		100		150		200		250		300		350		400		450		500	
	Diamètre.	Longueur.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0
	m/m	m/m	kil.	kil.		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m	
10	17.2	500	23.7	37.0	0.317	25.4	50.8	39.9	39.9	53.3	35.6	66.2	33.1	77.9	31.2	88.5	29.5	98.5	28.2	108	27	116.5	25.8	124.1	24.8

2° 10 Barreaux de 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 millimètres entre les repères.

Numéros des éprouvettes.	DIMENSIONS.		RÉSISTANCE.			ALLONGEMENTS MESURÉS SUR :																	
						50		100		150		200		250		300		350		400		450		500	
	Diamètre.	Longueur.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0	Total.	0/0
	m/m	m/m	kil.	kil.		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m		m/m	
1 à 10	17.2	50 à 500	»	»	»	21.0	42	32	32	44	29.4	54.5	27.2	66.5	26.6	78	26	88	25.6	100	25	112	24.9	»	»

L'examen de ces tableaux fait voir, que les allongements pour 100 du premier sont supérieurs à ceux du second, et que l'augmentation d'allongement résultant de l'éloignement des têtes de la partie expérimentée varie entre 0,9 et 8,8 pour 100. Ces différences seraient, bien entendu, plus considérables, si on avait pu essayer sans têtes l'éprouvette de 500 millimètres de longueur.

Si on représente graphiquement (fig. 16, pl. 7), les résultats ci-dessus en prenant pour abscisses les longueurs primitives des barreaux d'épreuve, et pour ordonnées les allongements totaux correspondants, on constate :

1° Que la ligne *a b* pour les barreaux isolés est sensiblement une ligne droite ;

2° Que la courbe *c d* pour le barreau de 500 millimètres, est sensiblement une fraction de la parabole dont la directrice est A B et F le foyer,

La forme de ces deux lignes explique bien les allongements différents qu'on doit trouver dans les deux cas ; ces deux lignes, bien que changeant d'inclinaison et de forme, seront toujours de même ordre pour des métaux de différentes duretés.

VIII

Barreaux d'épreuve à section rectangulaire.

Tout ce qui été dit ci-dessus, peut s'appliquer à peu près complètement aux barreaux d'épreuve à section rectangulaire.

Pour vérifier la loi de similitude, on a découpé et préparé de la même façon que précédemment, trois éprouvettes à sections rectangulaires, ayant toujours des dimensions proportionnelles ; les résultats obtenus à l'essai de traction sont inscrits dans le tableau ci-dessous.

DIMENSIONS DES BARREAUX D'ÉPREUVE.					RÉSISTANCE.		ALLONGEMENT.	
Numéros des éprouvettes.	Largeur des éprouvettes	Épaisseur.	Rapport entre la largeur et l'épaisseur.	Longueur entre repères.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Allongement TOTAL sur la longueur utile.	Allongement correspondant pour 100.
	m/m	m/m						
1	20	5	4	50	16.8	37.2	19.5	39
2	40	10		100	17.1	38.2	39.0	39
3	60	15		150	20.7	38.9	58.5	39
Moyennes.					18.2	37.4		39

On pourrait répéter les autres expériences faites sur les boulons à section circulaire, et on arriverait aux mêmes conclusions que précédemment.

On doit toutefois observer que dans la plupart des cas, les têtes ayant la même épaisseur que les éprouvettes, n'agissent pas de la même manière sur l'épaisseur que sur la largeur.

Dans une expérience précédente décrite plus haut, chap. III, on a observé en effet, qu'après déformation et dans le voisinage des têtes, le rapport de la largeur à l'épaisseur était différent du rapport primitif 5.95 et variait de 6.19 à 6.02; l'épaisseur avait donc diminué plus qu'elle n'aurait pu le faire si la tête avait été plus épaisse, afin de pouvoir exercer son influence en tous sens.

D'après cela, on comprend qu'une barrette de section rectangulaire, donnera par suite de la forme habituelle des têtes, un allongement supérieur à celui du barreau à section circulaire, puisque la tête de la première barrette n'influencera que la largeur et presque pas l'épaisseur. L'allongement sera, dans ce cas, intermédiaire entre l'allongement du barreau à section circulaire, et celui du barreau idéal n'ayant pas de têtes.

En effet, les expériences suivantes montrent pratiquement le bénéfice d'allongement résultant de la forme rectangulaire. Les barreaux d'épreuve à sections égales, mais de formes différentes ayant servi à ces essais ont été préparés avec le plus grand soin, et laminés de telle façon, que le degré de corroyage pour chacun d'eux fût rigoureusement le même. Après le laminage, ces barreaux furent recuits unifor-

mément, et la moyenne des résultats pour chaque forme est donnée ci-dessous; de plus on a donné aux éprouvettes de sections rondes et carrées des têtes semblables, ayant une forme raisonnée de manière à réduire au minimum, au point de vue de l'allongement, l'influence de ces têtes.

DÉSIGNATION DES FORMES DE SECTIONS.	RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.	
	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Total sur 50 millim.	Total sur 100 millim.
	kil.	kil.		m/m	m/m
Rond.....	25.3	41.5	0.417	23.5	32.7
Carré.....	25.7	41.7	0.427	24.5	33.7
Rectangle.....	24.6	39.6[1]	0.435	26.7	36.0

1. On remarque dans ce tableau, que la charge de rupture obtenue pour la barrette à section rectangulaire est inférieure aux charges des deux autres formes ronde et carrée, bien que les éprouvettes proviennent d'un même métal.

Cette anomalie expliquée plus loin, tient uniquement au rapport des dimensions transversales de la barrette rectangulaire.

Par suite des actions complexes, qui se produisent dans les barrettes rectangulaires, provenant des variations non régulières de sections dans tous les sens et aussi des réactions des fibres extérieures déformées, il serait très compliqué d'obtenir théoriquement le meilleur rapport à donner aux dimensions transversales des éprouvettes pour avoir, avec une épaisseur constante, un allongement maximum; on a cherché à le déterminer pratiquement. Dans ce but, on a fait laminer une tôle en acier doux dans laquelle on a découpé, à la suite les unes des autres et dans le sens du laminage, huit éprouvettes de largeurs différentes, qui ont donné à l'essai de traction les résultats ci-dessous :

Numéros des éprouvettes.	Rapport entre la largeur et l'épaisseur.	DIMENSIONS.			RÉSISTANCE.		ALLONGEMENTS TOTAUX.	
		Largeur.	Épaisseur.	Longueur entre repères.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Mesurés sur 50 mil.	Mesurés sur 100 mil.
		m/m	m/m	m/m	k.	k.	m/m	m/m
1	1	10	10	100	24.8	38.4	18.8	31.0
2	2	20	10	100	24.6	40.1	22.5	34.0
3	3	30	10	100	25.4	39.4	24.0	35.0
4	4	40	10	100	25.0	39.8	26.0	37.2
5	5	50	10	100	24.6	38.1	28.0	39.0
6	6	60	10	100	24.9	37.7	30.5	40.8
7	7	70	10	100	24.8	37.8	28.5	38.5
8	8	80	10	100	23.5	38.4	26.0	34.5
Moyennes.					24.7	38.7		36.2

Ces chiffres indiquent que pour cette dureté d'acier et pour l'épaisseur de 10 millimètres l'emploi du rapport $\frac{6}{1}$ entre les dimensions transversales des éprouvettes, donne un allongement maximum.

Il est à présumer que ce rapport doit être constant pour des tôles d'acier de plus grande dureté et d'épaisseur quelconque.

De nouvelles expériences plus complètes pourraient confirmer plus sûrement la valeur de ce rapport.

IX

Influence de la largeur des barrettes sur la résistance à la rupture.

Supposons deux barrettes A et B (fig. 17, pl. 7), de même métal, mais de largeurs différentes qui prendront, après l'essai de traction, les formes *a b c* et *a' b' c'*.

On peut remarquer que par suite de l'inclinaison différente des courbes *a b* et *a' b'* sur les axes A et B, la résultante des efforts de compression des parties extérieures sur la fibre centrale aura dans le sens de la longueur une composante plus considérable pour la barrette B que pour la barrette A; par suite la fibre centrale de la barrette B moins chargée à la traction que celle de sa voisine devra s'allonger moins. Mais, du fait de la valeur de la composante verticale sur la fibre

centrale de la large barrette B, on voit que la partie m' n' devra s'allonger plus que la partie m n et que la rupture de la barrette B devra avoir lieu plus tôt que celle de la barrette A ; par conséquent, cette barrette devra supporter une charge moindre par millimètre carré que sa voisine.

L'essai suivant exécuté sur des tôles de cuivre et d'acier doux préparées toujours comme précédemment, c'est-à-dire de manière à assurer au métal la plus grande homogénéité possible, détermine pratiquement les écarts de résistance résultant de la valeur des dimensions transversales. Les barrettes à sections rectangulaires, découpées à la suite les unes des autres dans chaque tôle, avaient les dimensions suivantes et ont fourni à l'essai de traction les résultats ci-dessous :

ACIER DOUX.

Numéros des barrettes.	DIMENSIONS DES BARRETTES.				RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.	
	Épaisseur.	Largeur.	Rapport entre la largeur et l'épaisseur.	Longueur utile.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Total sur 50 m/m.	Total sur 100 m/m.
	m/m	m/m		m/m	kil.	kil.		m/m	m/m
1	10.15	20.00	1.98	100	26.6	42.7	0.490	21	29.5
2	9.95	59.85	6.00	100	26.9	41.3	0.516	25	35.0
3	10.17	99.80	9.80	100	27.6	40.2	0.567	29	40.0

CUIVRE ROUGE.

Numéros des barrettes.	DIMENSIONS DES BARRETTES.				RÉSISTANCE.			ALLONGEMENT.	
	Épaisseur.	Largeur.	Rapport entre la largeur et l'épaisseur.	Longueur utile.	Limite d'élasticité.	Charge de rupture.	Striction.	Total sur 50 m/m.	Total sur 100 m/m.
	m/m	m/m		m/m	k.	kil.		m/m	m/m
1	13.10	20.00	1.53	100	8.4	24.00	0.452	31.5	51.5
2	13.08	59.80	4.57	100	8.4	23.80	0.545	35.0	55.2
3	13.13	99.90	7.60	100	8.0	23.15	0.580	36.0	59.0

Cette inégalité de résistance provenant des largeurs des éprouvettes, peu appréciable dans les cas ordinaires, devient très sensible si les barrettes d'essais sont poinçonnées en leur milieu; dans ce cas les bords du trou ont à supporter un effort d'extension beaucoup plus considérable pour la large barrette que pour la petite.

Les expériences que j'ai signalées, il y a quelques années, dans une brochure sur l'emploi de l'acier dans les constructions, montrent qu'avec le poinçonnage cylindrique de tôles identiques, les résistances à la rupture varient suivant les largeurs des éprouvettes comme l'indiquent les chiffres suivants :

DÉSIGNATION.	N° 1.	N° 2.
Largeur des éprouvettes.....	32 m/m	122 m/m
Résistance par millimètre carré.	42k.7	36k.4

C'est avec ces différentes remarques qu'il faut chercher la raison des anomalies observées par M. Adamson et exposées par lui au meeting de l'*Iron and steel Institute* (mai 1879); tous les faits qu'il indique s'expliquent avec grande facilité.

X

Influence d'entailles dans les barrettes sur la résistance à la rupture.

Parmi les causes qui peuvent influer sur la résistance à la rupture, nous devons signaler les entailles plus ou moins profondes pratiquées dans une section des barrettes.

Dans une même tôle d'acier doux, on a découpé sept barrettes qui ont reçu les entailles indiquées par les croquis (fig, 18 à 23, pl. 7); essayées à la traction, elles ont donné les résultats suivants :

ACIER DOUX.

DÉSIGNATION.	N°s DES FIGURES.					
	18	19	20	21	22	23
N°s des barettes.	1 et 2	3	4	5	6	7
Résistance par millim.² de section primitive..	42ᵏ	43.5	44.0	45.7	57.1	60.4
Allongement °/₀. sur 200 m/m	30.5	65	40	»	»	»
sur 10 m/m				»	»	»
Striction.....	0.382	0.487	0.502	Très faible.	Presque nulle.	Nulle.

Les formes des ruptures vérifient bien ce que nous avons exposé précédemment. Toutes les fois que la pression résultant de la déformation provoquée par la présence des têtes ne peut avoir lieu, la rupture a lieu en commençant par les fibres extérieures (fig. 21, pl. 1).

XI

Influence de la durée de l'essai de traction sur la résistance et l'allongement à la rupture.

La durée de l'essai de traction, différente pour chaque système de machine à essayer, et la manière d'opérer peuvent modifier aussi dans une certaine mesure les chiffres qui caractérisent un métal quelconque.

Ce fait a été vérifié sur l'acier doux seulement, à l'aide de barreaux de 16 millimètres de diamètre et de 100 millimètres de longueur utile préparés comme tous ceux ayant servi aux expériences décrites dans cette note.

Afin d'accuser les différences maxima qu'on est susceptible d'obtenir de ce fait dans la pratique, on a employé les trois modes d'essais suivants :

1° Essai par traction rapide d'une durée de 2 minutes et demie.

2° Essai par traction lente, sans arrêt, de la durée de 75 minutes.

3° Essai par tractions réitérées au nombre de dix en laissant un intervalle de 5 minutes entre chacune d'elles afin de laisser le barreau revenir à la température ambiante.

Les résistances moyennes obtenues sont résumées dans le tableau suivant :

MODE DE TRACTION.	RÉSISTANCE.	
	CHARGE DE RUPTURE.	ALLONGEMENT 0/0.
	kil.	0/0
1° Traction rapide.....	39.35	32.00
2° Traction lente.....	37.20	34.00
3° Tractions réitérées.....	41.35	35.75

L'examen de ce tableau fait voir que la traction rapide donne plus de résistance et moins d'allongement que la traction lente ; ce fait semble s'expliquer par la différence de température durant l'essai.

En effet, tandis que par la traction lente le barreau reste constamment à la température extérieure par suite de sa surface rayonnante et de la lenteur de l'opération, par traction rapide ce même barreau acquiert à l'endroit de la striction, du fait de l'effort de traction, une température de 60 degrés environ[1] qui augmente sa résistance propre au détriment de son allongement.

L'influence de la température sur la dureté de l'acier a été examinée à un point de vue spécial dans mon *Etude sur l'emploi de l'acier dans les constructions ;* elle a été développée tout récemment par un savant professeur suédois, M. Akermann devant l'*Iron and steel Institute* (septembre 1879). Dans cette étude j'ai admis une hypothèse déjà formulée par Rinman et le colonel Caron ; j'ai supposé que l'acier était formé par une dissolution de carbone et d'une faible proportion de carbone sé-

1. On sait qu'à une température de 200°, les aciers ont une augmentation de résistance de 30 pour 100 environ, et une réduction d'allongement correspondante et à très peu près égale, aussi à 30 pour 100. Le maximum de résistance a lieu vers 300° environ, température à laquelle les aciers se ploient le plus difficilement ; au delà de cette température la résistance décroît rapidement.

paré susceptible de se dissoudre sous l'influence de différentes causes qui sont la chaleur, la pression ou la trempe qui n'agit que comme pression.

Dans les essais des éprouvettes on peut chercher à expliquer de la manière suivante les variations observées dans le mode d'essai. La traction entraîne une pression sur les couches intérieures; cette pression provoque la dissolution d'une partie du carbone mélangé, portion qui sera d'autant plus considérable que la température et la pression auront été plus élevées et maintenues plus longtemps.

Dans les tractions successives, la température finale dans les dernières opérations est presque la même que dans la traction rapide et la pression dure plus longtemps; l'augmentation finale de résistance doit alors être plus grande avec ce mode d'essais.

Les différences constatées entre les allongements par traction rapide et par traction lente s'expliquent par la même cause que les variations de résistance.

L'augmentation d'allongement par tractions successives peut résulter des premières périodes de traction. Le métal au début de chaque période se trouve à peu près dans les mêmes conditions qu'avec la traction lente.

Après s'être allongé à peu près de la même façon, il atteint la résistance de 37^{k},2, résistance limite de la traction lente; mais, comme à ce moment sa résistance est augmentée, il subit sa dernière période d'allongement comme le boulon à la traction rapide[1].

Dans les tractions par chocs répétés, on observe, comme on l'a constaté depuis quelque temps, la même augmentation d'allongement; une autre cause peut s'ajouter à la précédente pour produire ce résultat. La transmission de l'effort dû au choc n'étant pas instantanée dans toute la longueur du boulon, il est possible que les parties voisines du point frappé s'allongent plus qu'elles ne le feraient si elles étaient soumises à des tractions répétées, bien que la rupture finale ait toujours lieu dans un boulon homogène, au milieu de la longueur.

1. Les différences d'allongements paraissent porter surtout sur la première période avant striction.

XII

Résumé et conclusions.

On voit d'après ce qui précède que nous retrouvons, dans tous ces phénomènes de traction qui semblent si simples et sont en réalité si complexes, les effets que produit sur l'acier le travail de chaudronnerie, effets dangereux entre des mains inexpérimentées mais dont on peut se rendre maître avec quelques précautions.

On peut résumer ainsi qu'il suit les conditions que doit remplir une éprouvette expérimentée à la traction pour avoir le plus grand allongement possible.

1° Elle doit être de forme et de dimensions telles que la partie expérimentée soit soustraite le plus possible à l'influence des têtes.

2° La longueur doit être telle que l'allongement dû à la deuxième période de déformation ait la plus grande influence possible sur l'allongement total considéré.

On peut arriver dans la pratique à diminuer l'influence des têtes :

1° En éloignant des têtes la partie expérimentée, c'est-à-dire en prenant un barreau un peu long et en observant l'allongement sur la région milieu. Il suffira pour empêcher la rupture de se produire en dehors des points de repères de raccorder la partie observée avec les têtes par une partie intermédiaire de section légèrement supérieure, soit cylindrique, soit en forme de tronc de cône.

2° En diminuant l'importance des têtes de façon à se rapprocher des conditions d'épreuve habituelles des barrettes plates pour lesquelles les têtes n'agissent guère que sur la largeur.

Pour accentuer dans la pratique l'allongement dû à la striction par rapport à l'allongement total, les formes et dimensions de l'éprouvette devront être telles que le rapport de la section primitive à la longueur entre repères soit le plus grand possible.

Pour les barrettes plates, le rapport de la largeur à l'épaisseur a une certaine influence sur la résistance à la rupture et sur l'allongement ;

pour une valeur de ce rapport égale à 6, l'allongement semble être maximum.

Les raisonnements précédents et les expériences à l'appui montrent bien l'inégalité de travail des différentes fibres d'une barrette, inégalité provenant des allongements que les fibres subissent ; la charge qui peut paraître également répartie est forcément exagérée en certains points et diminuée en d'autres points. Suivant les cas, on pourra donc toujours en modifiant les conditions de l'essai, faire donner à un métal des allongements et des résistances différents.

Avec les métaux doux, susceptibles d'un grand allongement avant rupture, les parties les plus chargées s'allongent plus que dans les métaux durs donnant des allongements moindres, et l'ensemble de la barrette travaille plus régulièrement.

C'est à cause de ces irrégularités qu'on doit chercher à éviter dans les pièces mécaniques les changements brusques de sections à angles vifs et qu'on ne doit employer que des aciers doux pour les pièces de formes compliquées soumises à des efforts complexes.

Dans la pratique, on ne saurait décomposer les pièces travaillant dans leur ensemble en éléments travaillant comme des barrettes isolées ; en effet, pour l'enveloppe extérieure d'une chaudière par exemple, les tôles travaillant par traction sous la pression de la vapeur ne pourraient être assimilées à des barrettes car la déformation de ces tôles ne peut avoir lieu que dans *le sens de l'épaisseur*. Or cette épaisseur étant relativement faible, les efforts que subissent les fibres extérieure et intérieure sont peu différents et sont analogues à ceux observés dans les barrettes étroites. Les effets de poinçonnage sont de même manifestement plus faibles que ceux que l'on observe dans la rupture des larges barrettes.

Pour la même raison on voit que les expériences sur les joints de rivetage faites jusqu'ici sont loin d'être la représentation exacte de ce qui se passe dans la pratique, et l'étude de ces questions n'est possible qu'en étudiant la résistance des pièces dans leur ensemble. Toutefois il reste évident que tout défaut d'homogénéité, nuisant pour les pièces d'acier à la possibilité de l'allongement sous un effort donné, entraîne une surcharge au point correspondant en raison de l'allongement inégal. Il est donc toujours de la plus grande importance d'enlever ou de modifier la zone voisine de la débouchure d'un poinçon, de la coupe d'une cisaille, laquelle n'est plus susceptible de la moindre déforma-

tion sans recuit préalable ; si on conservait cette zone, les défauts d'homogénéité existeraient et pourraient être des causes de rupture, soit en cours d'exécution, soit en cours de fonctionnement.

En résumé, les épreuves de traction ne peuvent pas donner d'indications absolues ; elles sont seulement comparables et il faut se garder de prendre à la lettre les résultats qu'on peut observer aux appareils d'essais dont on a tendance à abuser.

Les diverses expériences que je viens d'exposer ont été exécutées aux usines du Creuzot la plupart par M. Coureau, ingénieur chargé des essais aux ateliers de constructions quelques unes par M. Biguet, ingénieur chargé des essais à la forge ; je dois reconnaître l'intelligence et le soin avec lesquels elles ont été faites.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

MOIS DE MAI 1880

Séance du 4 Juin 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Plusieurs observations sont présentées au sujet du procès-verbal de la précédente séance.

M. DE NORDLING demande à faire l'observation suivante à propos du procès-verbal de la séance du 21 mai 1880.

La ligne de l'Arlberg, tout en étant une nécessité politique, n'aura cependant qu'un trafic restreint, parce qu'elle franchit seulement un contrefort des Alpes, et que la ligne la plus courte de Vienne au lac de Constance, et dans la province autrichienne du Vorarlberg, riveraine dudit lac, passera après comme avant par la grande plaine bavaroise. Il n'est contesté de personne que le revenu net de la nouvelle ligne ne couvrira qu'une partie des intérêts du capital à engager. Dans ces conditions, il m'a semblé que plus que jamais il ne s'agissait pas de *faire grand,* mais de proportionner les sacrifices au but à atteindre, au caractère de la « soupape de sûreté » à établir. C'est donc avec raison, selon moi, que le gouvernement autrichien abandonnant ses velléités d'autrefois, s'est décidé à construire la ligne (y compris l'acquisition des terrains), pour une voie unique et avec déclivités de 30 millimètres.

Une différence ne s'est élevée que sur la question de savoir si le point culminant du tracé serait établi à l'altitude de 1,389 mètres ou de 1,310 mètres, différence 79 mètres. Dans le premier cas, on avait un tunnel horizontal de 7,000 mètres de longueur, qu'on pouvait faire à une voie, tandis que le second cas (auquel les pouvoirs publics se sont ralliés), le tunnel atteint une longueur de 10,270 mètres, et doit par conséquent, pour assurer le croisement des trains, être construit à deux voies moyennant une augmentation de dépense d'environ 13 millions.

Je demeure convaincu que sans la funeste tradition de vouloir « faire grand, » tradition à laquelle il faut imputer une bonne part des 45 millions de subventions annuelles qui grèvent le budget de la Cisleithanie au chapitre de la garantie d'intérêts accordée aux chemins de fer, tout le monde se fût rallié, sinon au système de la crémaillère préconisé par l'un de nos Collègues, système qui soulevait par trop d'objections ou si l'on veut de préventions, mais au moins à la solution du tunnel de 7,000 mètres.

Malheureusement, la polémique engagée à ce sujet s'est compliquée d'éléments étrangers, et les arguments ont pris la place des raisons. Ainsi, on a d'abord prétendu que le même nombre de trains ne pourrait pas circuler sur les deux variantes. Cette assertion ayant été infirmée, on a fait valoir que la ventilation et la sécurité publique seraient compromises dans le tunnel à une voie, tandis qu'on peut établir pour ainsi dire mathématiquement, que le dégagement de fumée dans le tunnel de 10,270 mètres incliné en grande partie à 15 millimètres, doit être trois fois plus considérable que dans le tunnel à peu près horizontal de 7,000 mètres. Il en est à peu près de même pour la question de sécurité.

Mais je ne veux pas insister davantage. A peine échappé aux échos de la polémique ardente engagée à Vienne, je n'ai garde, Messieurs et chers Collègues, de la prolonger devant vous, dont les instants sont aujourd'hui doublement précieux.

M. Level dit qu'il croit pouvoir faire cesser la divergence d'opinion qui s'est produite entre deux collègues, au sujet des tarifs anglais, comparés au tarifs français. Tandis que M. Courras a affirmé, que les tarifs anglais étaient supérieurs aux tarifs français, M. de Coëne a produit une lettre d'un de ses amis en Angleterre, qui tend à établir le contraire. Or, cette question se trouve élucidée par un document officiel français. Ce document est le Rapport présenté par M. Lebaudy, au nom de la Commission chargée d'étudier la convention passée entre la Compagnie des chemins de fer d'Orléans et l'État.

M. Lebaudy reconnaît que les tarifs anglais sont supérieurs aux tarifs français.

Il est donné lecture de trois lettres de MM. Love, Chabrier et de Coëne, toutes trois relatives au procès-verbal de la dernière séance.

« Mon cher Président,

« Un résumé rapide comme celui par lequel vous avez clos la discussion sur les chemins de fer peut quelquefois, par la brièveté même qu'il exige, n'être pas la traduction tout à fait exacte d'opinions émises. Je crois que c'est le cas pour celle que j'ai exprimée au sujet de la dernière communication de M. Molinos.

« Je désire qu'il soit bien entendu que je ne me rallie à cette communication qu'en ce qui concerne la préférence à donner, pour le remaniement partiel des réseaux, à une entente amiable avec les Compagnies

existantes et à son application la plus prochaine à l'établissement de réseaux régionaux Est-Ouest indépendants et à la fois stratégiques et industriels. Je maintiens, entière, mon opinion sur le système de réseaux rayonnants et régionaux très net et très pratique quoiqu'en aient dit MM. Courras et de Coëne, et je reste persuadé que, malgré l'envahissement à peu près complet de la presse, par la publicité en faveur de la Compagnie d'Orléans et de son impolitique concession, les grandes Compagnies n'auront réussi qu'à maintenir une situation plus que jamais provisoire, à cause de l'extension *d'un réseau État agrandi* au milieu des réseaux industriels. Un jour peu éloigné viendra, où après de nouveaux désastres sur des milliers de kilomètres de lignes électorales, tout sera de nouveau mis en question.

« A ce moment, les opinions sur les tarifs auront reçu une épreuve contradictoire et ne viendront plus distraire l'attention de la question générale. On en reviendra aux principes qui résistent à l'épreuve du temps. Je ne crois pas me tromper en disant que ce jour-là c'en sera fait de la construction et de l'exploitation par l'État, et de toute exploitation qui, par son extension, son influence et ses procédés n'en diffère pas essentiellement, on examinera alors les solutions pratiques aujourd'hui délaissées pour cause politique ou autres. Dieu veuille seulement que l'on ne se trouve pas en ce moment en présence de liquidations et de récriminations capables de désarçonner les plus solides gouvernements !

« Veuillez agréer, etc.

« *Signé :* Love. »

« Monsieur le Président,

« Il m'est impossible de me rendre ce soir à la séance de la Société, et je désirerais présenter quelques observations à l'occasion du procès-verbal.

« Je suis de ceux qui ont voté pour continuer, dans des séances supplémentaires, l'étude si bien commencée de la question des chemins de fer ; mais j'adhère bien volontiers à l'idée d'une Session ou d'un Congrès que tiendrait notre Société à ce sujet. Toutefois, je pense que le Congrès devrait se tenir à Paris.

« Je demande donc à l'Assemblée de retenir la proposition d'une réunion de la Société en Congrès, que lui a faite son Président en terminant le résumé si précis et si complet qui a clos ce débat, de la discuter séance tenante et si, comme je n'en doute pas, elle est adoptée, de charger le bureau de provoquer, le plus tôt possible, une réunion des Membres qui ont montré l'intérêt qu'ils attachent à cette question, pour arrêter les mesures nécessaires ; il y a urgence.

« Veuillez agréer, etc. »

« *Signé* ; Chabrier. »

« Monsieur le Président,

« Une légère indisposition m'empêche d'assister à la séance de vendredi, où j'avais l'intention de parler sur le procès-verbal au sujet des chiffres présentés par M. Courras.

« M. Courras a dit dans la séance dernière que la somme de 2,129,119f,12 étaient les frais fixes des chemins de fer de l'État belge. Or, cette somme comprend seulement les frais accessoires et se compose : de frais de camionnage, frais d'avis d'expédition, chargement et déchargement, tous frais faits en dehors du service des gares. Ces frais fixes sont compris dans les tarifs appliqués, il y a là une confusion qu'il y a lieu de rectifier et qui détruit complètement l'argument de M. Courras pour le prix de 0f,13 centimes par tonne de frais fixes.

« M. Courras a donné le nombre des kilomètres exploités par les Compagnies. Ces chiffres sont complètement différents des chiffres réels :

« M. Courras donne :

Pour la Cie de Lyon.....		5,603	A l'*Officiel* du 28 mai 1880, on trouve... (avec les lignes d'Algérie)	6,380k
—	Nord.....	1,619	Id.	2,602
—	Est.....	1,268	Id.	2,890
—	Ouest....	2,676	Id.	2,930
—	Midi.....	2,224	seulement	2,196
—	Orléans...	2,777	—	4,460
	Total....	16,167		21,458

Or, comme il y a environ 26,000 kilomètres de lignes concédées aux grandes Compagnies, qu'il y aura environ 35,000 kilomètres de lignes de chemin de fer au minimum, on voit que les chiffres donnés par M. Courras sont inférieurs de moitié aux chiffres réels de l'avenir, et d'un avenir très peu éloigné, — et que si les réseaux ne sont pas réorganisés, la moyenne des lignes atteindrait le chiffre de 6,000 kilomètres par Compagnie, — chiffre déjà dépassé par une de ces Compagnies.

« Veuillez agréer, etc.

« *Signé :* DE COENE. »

M. LE PRÉSIDENT, malgré l'avis exprimé par M. Chabrier, et en raison de l'accueil qui lui a été fait, maintient sa proposition de faire tenir en Belgique ou en Hollande, le Congrès à organiser par les Membres de la Société, pour discuter les questions relatives aux chemins de fer. Il donne ensuite la parole à M. Courras, pour répondre à la lettre de M. de Coëne.

M. COURRAS demande à répondre sommairement à la lettre de M. de Coëne. — Notre Collègue suppose que les 2,129,119 fr. inscrits dans le Rapport officiel du Ministre des travaux publics belge, représentent des

frais accessoires prélevés pour des opérations faites en dehors des gares, et que les frais fixes inhérents aux transports sont compris dans les tarifs, et n'apparaissent pas dans le rapport officiel. Mais c'est une simple hypothèse de sa part; il n'apporte aucune preuve à l'appui de son dire. Dans sa première communication, il a estimé ces frais à 1 fr. 50. En prenant le rapport officiel, nous avons fait ressortir le prix de 0.13 qu'il conteste. C'est à lui à fournir la preuve que ces frais s'élèvent en réalité au chiffre qu'il a avancé, et il ne l'a pas fait. Nous maintenons donc qu'il s'est trompé.

Sur le second point, M. de Coëne, rectifie les chiffres que nous avons donnés pour l'étendue de divers réseaux français, exploités par les grandes Compagnies; nous avions pris le soin de dire, que ces chiffres étaient empruntés à des documents officiels présentant la situation fin 1878. M. de Coëne nous donne les longueurs au 28 mai 1880. La différence s'explique aisément par la différence des dates; mais elle ne prouve pas contre notre assertion. M. de Coëne avait dit, que les réseaux actuels étaient trop étendus, qu'ils ne devraient pas avoir, pour être bien exploités plus de 3 à 4,000 kilomètres. Nous lui avions répondu que tous les réseaux, un seul excepté, avaient moins de 3,000 kilomètres en exploitation, en tenant compte de la convention, qui réduit à 2,800 kilomètres la longueur du réseau d'Orléans. — Les chiffres qu'il donne, tout en différant des nôtres, confirment ce que nous avons dit; nous n'avons donc pas à insister sur ce point.

Puisque notre Collègue est revenu sur la communication qu'il a faite, il nous sera bien permis, à notre tour, de lui signaler l'erreur énorme qu'il a commise en déclarant que les transports des marchandises dites de la classe minérale avaient en France la même importance qu'en Angleterre. Il a évalué pour 1876 ce tonnage pour la France, à 37,489,000 sur un tonnage total de 58 millions de tonnes, et il a conclu que le rapport entre ces marchandises transportées à bas prix dans les divers pays, et les marchandises de classe était le même en France et en Angleterre. Dans ce chiffre de 37,489,000, il fait figurer les engrais et amendements pour 11,120,000 tonnes. Or, si on se reporte à la statistique officielle pour 1876, page 55, on trouve seulement 1,305,663 tonnes. M. de Coëne s'est trompé de près de 10 millions de tonnes. Les conclusions qu'il a tirées, à la suite d'une erreur aussi regrettable, perdent donc toute autorité.

Dans ces conditions, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons dit.

En Angleterre les marchandises de faible valeur; houille, engrais, fonte, matériaux de construction, etc., représentent un tonnage double du tonnage des autres marchandises. En France, au contraire, c'est à peine si le tonnage des mêmes marchandises : houille, engrais, fonte, matériaux de construction, donnent un trafic égal à celui des marchandises de classe.

C'est une remarque importante qu'il convenait de faire, pour montrer l'erreur qu'on peut commettre en comparant les tarifs moyens perçus en Angleterre et en France, erreur que les chiffres erronés de notre collègue de Coëne tendaient à entretenir.

Toutes ces observations ne modifiant en rien la rédaction du procès-verbal de la séance du 21 mai, ce procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Adolphe Violet, vient d'être nommé chevalier de l'Ordre de la Couronne d'Italie.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société qu'il a reçu de notre ancien Président et éminent collègue, M. Yvon-Villarceau, une note très importante sur l'application de la théorie des sinus des ordres supérieurs à l'intégration des équations linéaires.

En communiquant ce travail à la Société, l'auteur ne se propose pas d'exposer les théories développées dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, mais seulement de faire connaître comment l'étude des problèmes qui sont du ressort de l'Ingénieur peut contribuer au progrès de l'analyse mathématique. Tous ceux qui s'intéressent au progrès de la science générale liront avec plaisir la note très savante de M. Yvon-Villarceau, qui sera publiée *in extenso* dans un des prochains Bulletins.

Un autre mémoire très intéressant de M. Seyrig sur quelques cas particuliers de montage de ponts métalliques sera également publié *in extenso* dans un des Bulletins. Les membres de la Société y trouveront des données pratiques, précieuses pour le montage des ponts.

En raison des invitations spéciales faites aux Membres qui s'intéressent aux questions de chauffage et de ventilation, la parole est donnée à M. Périssé pour sa communication sur le chauffage et la ventilation de l'École Monge.

M. PÉRISSÉ donne communication de son mémoire sur le CHAUFFAGE ET LA VENTILATION *de l'École Monge*, qui sera publié *in extenso* dans le Bulletin de juin.

Il rappelle d'abord que, dans la séance du 15 mars 1878, M. E. Trélat a appelé l'attention de la Société sur le chauffage et la ventilation dans les édifices, et que, dans la même séance et dans celle du 5 avril 1878, plusieurs communications ont été faites sur le même sujet.

La discussion qui a suivi ces communications a porté seulement sur les avantages et les inconvénients respectifs des deux modes de circulation de l'air, soit de bas en haut, soit de haut en bas. La discussion générale a été réservée pour permettre la production de renseignements nouveaux.

L'étude du chauffage et de la ventilation de l'École Monge et leur installation ont été faites par M. d'Hamelincourt, que la mort venait frapper au moment où la Société était invitée à discuter une question sur laquelle notre regretté Collègue était si compétent.

M. Périssé donne d'abord une description générale du système installé à l'École Monge, qui compte actuellement 670 élèves. Le chauffage est obtenu par deux groupes d'installations, du système à circulation d'eau chaude, avec tuyaux horizontaux d'aller et de retour, sur lesquels s'embranchent

des colonnes montantes doubles qui s'élèvent jusqu'au plancher des dortoirs, en s'appuyant contre les murs extérieurs dans des gaines en maçonnerie.

La ventilation est obtenue par l'appel de deux chambres sous les combles dont la température se trouve élevée au moyen des vases d'expansion d'eau chaude, et aussi par le passage de la cheminée des chaudières. A chacune de ces chambres d'appel correspondent le collecteur des gaines de ventilation des classes et le collecteur distinct des gaines des dortoirs.

Quelques détails sont ensuite donnés sur les diverses installations, et sur les appareils employés, lesquels forment trois catégories :

1° Les chaudières qui servent à la production de la chaleur ;

2° Les circulations générales qui constituent le moyen de transporter la chaleur produite;

3° Les appareils de chauffage proprement dits qui utilisent cette chaleur.

M. Périssé entre dans plus de détails sur le chauffage et la ventilation des classes qui ne peuvent contenir plus de 30 élèves et qui ont un cube d'air de 230 mètres cubes. Aux quatre angles d'une classe ordinaire à peu près carrée se trouvent des colonnes montantes, autour desquelles l'air extérieur s'échauffe en montant, pour déboucher dans la classe, près du plafond. Le départ de l'air vicié est effectué par une grille posée verticalement au pied de chacun des deux trumeaux; cette grille correspond à la gaine de ventilation qui monte jusqu'au collecteur sans rencontrer aucun autre conduit.

Deux modes différents de fonctionnement ont été appliqués pendant l'année scolaire 1878-1879 et pendant l'année courante 1879-1880. L'auteur du Mémoire les indique, en donnant également le cube des locaux chauffés, les températures observées chaque jour dans chacun d'eux, les surfaces de refroidissement, vitrées ou non, qui sont relativement très grandes à l'École Monge. Il donne ensuite des renseignements précis sur la consommation de combustible pendant les deux années consécutives, et il fait ressortir combien cette consommation est peu élevée.

Avant de faire ressortir les avantages et les inconvénients respectifs du système, M. Périssé communique à la Société deux séries d'expériences qui se rattachent aux conditions qu'un bon système de chauffage et de ventilation doit remplir, au point de vue physiologique, savoir :

De l'influence de la température de l'air respiré ;

Du danger que peuvent présenter les appareils en fonte, lorsqu'ils sont portés à la chaleur rouge.

L'auteur du Mémoire est arrivé à cette conclusion que : *le meilleur système de chauffage et de ventilation serait celui qui donnerait au corps une température convenable, maximum aux pieds, et un air frais et pur à la hauteur de la tête, sans courant d'air.*

Il lui semble que c'est par un chauffage par rayonnement que ces conditions seraient le plus complètement remplies, et il rappelle la sensation de

bien-être que l'on éprouve en se chauffant au soleil dans les jours rigoureux de l'hiver. Ce système de chauffage s'obtiendrait en disposant près du parquet les corps chauds rayonnants, tandis qu'on ferait arriver de l'air frais ou peu chauffé, par un système d'aspiration ou d'impulsion indépendant du chauffage.

Le désidératum est facile à poser, mais la difficulté est sérieuse quand on veut étudier et installer les moyens pratiques et économiques d'obtenir les conditions recherchées.

En résumé, à l'École Monge, le chauffage par hydrocalorifères répond convenablement aux besoins et fournit un fonctionnement satisfaisant.

M. Couard. La conclusion de M. Périssé est que les calorifères à eau chaude, s'ils sont chers de construction, sont du moins économiques. Je ne suis pas de son avis, je crois que pour le même effet produit ils dépensent plus que tous les autres, surtout pour les chauffages intermittents, comme celui d'une école qui ne doit durer que 12 ou 14 heures par jour.

Avant de citer les exemples d'autres calorifères, sur les résultats desquels j'étaie cette affirmation, je ferai d'abord remarquer l'avantage pour un constructeur, de baser la consommation sur une durée de 200 jours de chauffage; M. Périssé reconnaît que dans une période qui s'étend du 16 octobre au 10 mai, on ne brûle rien certains jours, il aurait pu ajouter que malgré cette absence de chauffage, la température intérieure, grâce aux rayons du soleil et à la présence de 670 élèves, est restée, les jours où l'on ne chauffait pas, notablement supérieure à la température extérieure : voilà donc une élévation de température mise indûment à l'actif de l'appareil de chauffage! Cette manière de calculer ne peut servir de base à une discussion sérieuse.

Pour cette raison, je ne relèverai dans le rapport de M. Périssé, que les passages suivants, plus précis que les autres : « Dans les grands froids, on brûle tous les jours environ 2,000 kilogrammes de houille et même davantage... La température minima exigée dans les classes n'est que de 12° lorsque la température extérieure à 9 heures du matin descend au-dessous de — 8°. » Si l'on remarque que la température des classes représente la moyenne des températures obtenues dans les différents locaux de l'école, que la température moyenne du mois de décembre est de — 6,8, on en déduit que dans le mois de décembre on a consommé par jour et pour une durée de chauffage de 14 heures 2,000 kilogrammes de houille au moins et on a élevé par cette consommation un cube de 23 338^{mc} de — 7° à + 12°, soit une différence de températures de 19°.

C'est à ces chiffres que je vais comparer ceux que j'ai trouvés dans les essais d'autres calorifères.

Tableau A.

DATES ET DURÉE DES ESSAIS.	DÉSIGNATION DES APPAREILS.	LOCAUX CHAUFFÉS. DÉSIGNATION.	NOMBRE de pièces.	CUBE total V.	DURÉE du chauffage.	TEMPÉRATURES MOYENNES. extérieure. θ	intérieure. t	Différence $t-\theta$	Consommation par heure. P	NATURE du combustible.	VALEUR DE $\frac{V(t-\theta)}{P\alpha}$ α capacité calorifique.
PREMIÈRE COMPARAISON.											
1-31 décembre 1879.	Eau chaude (par air chaud).	École Monge.	?	23.330^{mc}	14^{h}	— 7°	+ 12°	19°	143^{k},000^{g}	Houille.	0,38
1er-15 février 1875.	Air chaud.	Bureaux de la petite vitesse à Lyon-Guillotière.	20	2.373	24	+ 2,2	+ 16	13,8	11,083	Coke.	0,37
10-27 décembre 1877.	Vapeur (par air chaud).	Bureaux de la traction P.-L.-M., à Paris.	66	10.264	9	+ 2,3	+ 16,8	14,5	40,052	Houille.	0,46
DEUXIÈME COMPARAISON.											
du 18 décembre 1871 au 1er janvier 1872.	Eau chaude (par rayonnement).	Buffet de Mâcon...	3	1.042	13	+ 0,7	+ 15,1	14,4	18,660	Coke.	0,12
du 27 janvier 1872 au 11 février 1876.	Air chaud.	Buffet de Pontarlier.	4	728	16	— 1,6	+ 19,8	18,2	8,050	Coke.	0,24

La première comparaison montre que le calorifère à eau chaude de l'École Monge dépense autant que le calorifère à air chaud des bureaux de la petite vitesse à Lyon-Guillotière, et un quart en plus que le calorifère à vapeur des bureaux de la traction P.-L.-M., à Paris, construit par nos collègues MM. Geneste et Herscher. Il convient de faire remarquer que le bâtiment de la petite vitesse, à Lyon-Guillotière, est situé dans une zone de servitude militaire, et qu'il a été construit, par conséquent, très légèrement.

La seconde comparaison montre que le calorifère à eau chaude, quand il ne chauffe que par rayonnement, consomme deux fois plus de combustible qu'un calorifère à air chaud placé dans les mêmes conditions.

Conclusion : au point de vue du chauffage, un calorifère à eau chaude n'est pas économique.

Au point de vue de l'hygiène, j'ai deux reproches à adresser au calorifère de l'École Monge : la répartition de la chaleur est inégale dans une même pièce, et la ventilation insuffisante.

La chaleur est mal répartie parce que l'air chaud arrive dans les classes près du plafond; les expériences suivantes vont montrer que la répartition uniforme de la température dans le sens de la hauteur, exige une forte ventilation, quand l'air chaud arrive par le haut, et que le problème est beaucoup plus facile quand l'admission a lieu par le bas; ces essais sont concluants, car ils ont été faits dans la même pièce chauffée tantôt par une cheminée pourvue d'une vaste gaine de chaleur de $1^{m},00$ sur $0^{m},30$ en communication avec la cave, tantôt par la bouche d'un calorifère à air chaud; dans le premier cas l'air chaud arrivait par le haut, dans le second par le bas.

Tableau B.

DATE DES EXPÉRIENCES.	CUBE CHAUFFÉ.	DURÉE DU CHAUFFAGE.	TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE.	TEMPÉRATURES INTÉRIEURES A DIVERSES HAUTEURS.							VOLUME D'AIR CHAUD PAR HEURE.	RENOUVELLEMENT DE L'AIR PAR HEURE.	CONSOMMATION PAR HEURE.	VALEUR DE $\frac{V(t-\theta)}{P\alpha}$	CALORIES PAR HEURE et par mètre cube chauffé.	TEMPÉRATURE DE L'AIR CHAUD.
				1 au plancher.	2 à 0m.50	3 à 1m	4 à 1m.50	5 à 2m	6 à 2m.50	7 au plafond.						
Chauffage par une cheminée par gaine de chaleur.																
28 novembre 1874.	70 mc	9 h	+ 4 °	+ 18 °	»	»	+ 21.5 °	»	»	+ 25 °	284 mc	3.35	1.330 k	0.13	7.6 c	+ 55 °
4 décembre 1874.	70	10	0	+ 16	»	»	+ 18	»	»	+ 18	325	4.60	0.700	0.25	3.9	+ 35
Chauffage de la même pièce avec une bouche de chaleur.																
22 février 1875 à midi 30.	70	»	+ 2	+ 19	+ 20	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 24	360	5.1	»	»	4.2	+ 57°
22 février 1875 à 9h,30 matin.	70	»	0	+ 16	+ 17	+ 17	+ 17.5	+ 18	+ 18	+ 18	265	3.8	»	»	2.5	+ 37

On voit par ces chiffres qu'avec l'arrivée de l'air chaud par le haut et une ventilation peu différente, l'écart des températures au plafond et au plancher est de 2° lorsque la température de l'air chaud est de 35° et monte à 7° quand celle-ci s'élève à 55°; avec l'admission de l'air chaud par le bas (cas de la bouche de chaleur), cet écart n'est plus que de 4° au lieu de 7° quand l'air est à 57°.

Je ferai remarquer en passant, que la quantité de calories nécessaire pour élever d'un degré un mètre cube de la capacité à chauffer augmente de 3°,9 à 7°,6 quand l'air chaud passe de la température de 35° à celle de 55°; avec l'admission de l'air chaud par le bas, l'augmentation est plus faible. On m'objectera que ces chiffres sont supérieurs à ceux que je citais à la séance du 5 avril 1878, et entre autres à celui de 1 calorie que j'indiquais pour la température de 30°. La différence tient à la ventilation énergique obtenue dans les dernières expériences et à l'absence de gaines de ventilation dans les gares où mes premiers relevés ont été pris. Le coefficient de 2°,5, par exemple, indiqué sur le tableau B pour une ventilation égale à 3,8, est du reste confirmé par les expériences suivantes faites dans le bâtiment de l'exploitation P.-L.-M., à Lyon, qui est chauffé par des calorifères à air chaud construits par M. D'Hamelincourt.

Tableau C.

DÉSIGNATION des PIÈCES.	CUBE.	SECTION vide des bouches.	NUMÉROS des bouches.	AIR CHAUD ENVOYÉ — Vitesse.	AIR CHAUD ENVOYÉ — TEMPÉRATURE par bouche.	AIR CHAUD ENVOYÉ — TEMPÉRATURE moyenne.	AIR CHAUD ENVOYÉ — Volume total.	TEMPÉRATURES intérieure.	TEMPÉRATURES extérieure.	Renouvellement de l'air par heure.	CALORIES envoyées par heure.	CALORIES par heure, mètre cube et degré.
Pièce n° 3 (4e étage)..	56mc	0,0414	1	1m,80	+ 33°	+ 33°	268mc	+ 16,5	— 2°,5	4,8	2627c	2, 47
Pièce n° 1 (4e étage)..	124	0,0621	1	1,80	+ 29	+ 27 ,6	534	+ 12	— 2°	4,3	4421	2, 56
		0,0182	2	2,00	+ 24							
Pièce n° 26 (3e étage).	205	0,0281	1	2,60	+ 30	+ 24,6	1017	+ 14,5	— 3	4,9	7948	2, 22
		0,0281	2	1,70	+ 20							
		0,0621	3	1,30	+ 22							
		0,0621	4	1,30	+ 25							
Pièce n° 34 (3e étage).	205	0,0621	1	2,00	+ 45	+ 42,5	872	+ 18	— 3	4,3	10602	2, 46
		0,0621	2	1,90	+ 40							

Pour en revenir à l'École Monge, je crois avoir démontré par l'expérience que l'arrivée de l'air chaud par le haut est mauvaise au point de vue hygiénique, et coûteuse au point de vue de la consommation de combustible ; je serai donc partisan de l'arrivée de l'air chaud par le bas avec sortie de l'air vicié le jour par le bas et la nuit par le haut, à cause des appareils d'éclairage.

Il reste à examiner la ventilation, mais comme M. Périssé ne fournit aucune donnée à ce sujet, je suis réduit aux suppositions.

D'abord, l'air froid arrive dans la gaine verticale par deux coudes, avant de s'échauffer au contact des tuyaux d'eau chaude, ces deux coudes doivent ralentir considérablement sa vitesse.

En second lieu, la hauteur de $3^m,50$ entre l'entrée et la sortie est faible, et il ne faut pas compter sur un tirage supérieur à celui d'une colonne d'air de hauteur moitié moindre ayant la température de l'air chaud à sa sortie, soit 28° à 30° ; le calcul donnerait la vitesse de $1^m,80$ environ, sans tenir compte des frottements.

Pour toutes ces raisons, je ne crois pas que la vitesse moyenne de l'air chaud atteigne 1 mètre, il s'en faut peut-être de beaucoup.

J'ajouterai que la ventilation de l'École Monge doit avoir l'inconvénient de toutes les ventilations basées sur un appel unique, celui de l'irrégularité.

Ainsi, avec le calorifère à vapeur de MM. Geneste et Herscher dont j'ai parlé plus haut, la ventilation, qui est en moyenne de 2,3, varie pour les diverses pièces entre les limites considérables de 1,2 et 6,7 malgré la présence de gaines verticales semblables à celles de l'École Monge et d'un ventilateur mis en mouvement par l'air comprimé.

En résumé, l'expérience me paraît démontrer que la disposition de l'École Monge ne présente aucun avantage sur les autres systèmes, ni comme chauffage ni comme ventilation.

M. Bourdais vient répondre au rapport de M. Périssé et aux observations de M. Coüard.

Il ne saurait approuver les dispositions générales qui ont été adoptées pour le chauffage et la ventilation de l'École Monge.

Non seulement le système est onéreux de première installation, mais il l'est aussi comme dépense de combustible. Si du moins ce défaut d'économie était racheté par une régularité remarquable dans l'uniformité de la température et dans la régularité de la ventilation, on pourrait peut-être, dans une école aussi importante que l'École Monge, se déclarer encore satisfait, mais il n'en est rien comme il est facile de s'en rendre compte.

La commission de chauffage des écoles de la ville de Paris dont M. Bourdais faisait partie a recueilli près de 20,000 constatations sur l'état de la température dans les salles chauffées des écoles. Pour ces observations, on disposait dans chaque classe des tiges reparties le mieux possible, et portant chacune cinq thermomètres espacés sur la hauteur de 4 mètres du plancher au plafond.

En enregistrant les indications fournies par ces thermomètres, on a tracé des courbes qui ont montré que la température était loin d'être uniforme, et ont indiqué de quelle manière s'effectuait la distribution de la chaleur.

Près du plafond, la température était assez égale, mais dans les couches inférieures elle variait entre des limites assez sensibles depuis le milieu de la salle, où elle était assez élevée, jusqu'aux fenêtres où il s'établissait un courant descendant d'air froid, les élèves, placés au milieu de la classe, étaient chauffés, les autres ne l'étaient pas suffisamment.

Pour la ventilation c'était un effet inverse, au milieu de la classe il y avait stagnation d'air et les élèves placés près des bouches de sortie d'air étaient seuls ventilés, et c'était trop énergiquement.

A l'École Monge on a reconnu que, pour régulariser à la fois le chauffage et la ventilation, il fallait établir de nombreuses bouches de sortie d'air dans le parquet des salles et portes autant que possible, l'arrivée d'air chaud, du côté des fenêtres où s'effectue le plus grand refroidissement.

A l'École Monge, aucune de ces deux précautions n'a été prise. Aussi, doit-il inévitablement s'établir devant chaque fenêtre un courant descendant d'air qui se rend directement dans les gaines de ventilation sans avoir en réalité servi à la ventilation utile de la classe.

Mais cet inconvénient s'aggrave bien davantage encore quand pour économiser le combustible, on ferme, comme l'a dit M. Périssé, l'arrivée directe d'approvisionnement d'air extérieur sur tout un côté des classes. Dès lors c'est en effet l'air intérieur qui passe indéfiniment dans les gaines de chauffage, en accroissant ainsi à chaque instant la quantite totale d'acide carbonique.

On le voit, la ventilation par de semblables procédés, est tout à fait défectueuse.

Quant aux lames rayonnantes dont sont pourvus les tubes à eau, M. Bourdais croit qu'on se méprend sur les avantages de cette disposition.

Le regretté Péclet, en posant les principes généraux de la transmission du calorique à travers les enveloppes, et en conseillant l'emploi de ces lames rayonnantes dans des cas spécialement déterminés, a été loin de penser et dire que le métal était, sous cette forme, employé dans les meilleures conditions économiques. Si l'on compare, en effet, la quantité de calories passant par unité de temps à travers un tube cylindrique d'un point déterminé, avec celle qui passe dans le même temps à travers des tubes à lames rayonnantes, on trouve que l'augmentation des calories, loin de suivre proportionnellement l'augmentation du poids du tube, a une limite qui est inférieure à deux fois les calories émises par le tube cylindrique, quand bien même les lames rayonnantes auraient 5, 10, 15 ou 20 fois et plus le poids du tube central.

Mais ce n'est pas seulement la forme des tubes de chauffage qu'il faut critiquer à l'École Monge c'est le choix du véhicule de chaleur ; en effet, si on eut employé la vapeur, il eut suffi de tuyaux de 0,04 de diamètre cylin-

driques ordinaires, au lieu de tubes de $2^m,06$ armés d'ailettes qui portent le diamètre de $0^m,15$.

A cette économie de premier établissement se fut ajouté un autre avantage, celui d'une mise en train rapide, si nécessaire au chauffage des classes dans les écoles.

Le chauffage à l'eau chaude présente en effet, l'inconvénient grave d'une mise en train de cinq ou six heures.

M. Bourdais approuve donc la plupart des critiques faites précédemment par M. Coüard; sur plusieurs autres points, il ne peut être d'acord avec lui.

M. Coüard a donné la formule $\frac{V(t-\theta)}{P\alpha}$ comme représentant le rendement utile d'un appareil de chauffage; cette formule n'est vraie que s'il n'y a pas de ventilation. Elle est donc inapplicable dans la pluralité des cas. Elle a aussi l'inconvénient de ne pas tenir compte de la nature des édifices, de la proportion des surfaces vitrées, du genre des matériaux employés, et autres circonstances qui font varier du simple au double et au triple, les causes de refroidissement. Elle semble donc devoir être bien dangereuse entre des mains peu expérimentées.

M. Coüard n'est pas plus dans la vérité quand il énonce ce principe, qu'il est plus économique de chauffer avec une grande quantité d'air portée à une petite température, qu'avec une petite quantité d'air fortement chauffée. Rien n'est plus facile que de démontrer l'inexactitude de cette conclusion, lorsqu'on envisage la perte de calorique par l'effet de la ventilation. Si, en effet, on emploie un volume d'air V porté à 100° pour amener à 15° la température d'un espace déterminé, la température extérieure étant supposée zéro, la perte de chaleur sera de 15 pour 100. Or, si l'air n'était chauffé que de moitié, par rapport à 15°, c'est-à-dire porté à 57°,5, on voit tout de suite qu'il faudrait un volume d'air égal à 2V. C'est donc un volume double d'air à 15° que s'échapperait dans l'atmosphère, avec une perte deux fois plus grande de calorique.

A cette observation de M. Bourdais, contestant l'avantage économique des grandes quantités d'air à une faible température, la réponse suivante a été faite :

M. Coüard ne conteste pas l'exactitude du raisonnement de M. Bourdais, mais il lui fera observer que le rendement d'un calorifère dépend de deux éléments : la production de calories sous forme d'air chaud et l'utilisation de ces calories une fois produites. Le raisonnement de M. Bourdais ne s'applique qu'à cette seconde partie de la question et il reste la première qui est importante. Or, il est évident que la transmission de la chaleur de la cloche du calorifère à l'air sera d'autant plus grande que l'air viendra lècher la cloche en plus grande quantité.

L'expérience suivante est, du reste, convaincante : la gare d'Aix les Bains était très imparfaitement chauffée par un calorifère à air chaud; sans toucher à cet appareil, on a triplé les sections des conduits de chaleur et

TABLEAU D.

Date et durée des essais.	Température moyenne extérieure θ	Températures moyennes intérieures			Différence moyenne des températures $T=\frac{T_1V_1+T_2V_2+T_3V_3}{V_1+V_2+V_3}-\theta$	Consommation de coke par heure P	Rendement $R=\frac{V(T-\theta)}{P\alpha}$	Section totale des conduits.
		Salle d'attente $V_1=520^{mc}$ T_1	Ménagerie $V_2=155$ T_2	Bureau $V_3=59^{mc}$ T_3				
3-17 janvier 1875	+2°,7	+ 8°,8	+15°,6	+12°,0	6°,9	7k,166	0,12	0mq,2520
20-26 janvier 1877	+1°,3	+14°,4	+19°,6	+15°,1	14°,5	6k,890	0,22	0mq,6750

aussitôt le chauffage a été suffisant avec une consommation moindre de combustible; voici ces résultats (tableau D).

A la gare d'Annecy une expérience inverse a été faite; on a conservé le calorifère et les conduits de chaleur, mais on a poussé le feu à outrance de manière à doubler la consommation de combustible, on n'a pu élever la température que dans une proportion beaucoup moindre, le seul résultat sérieux a été la fusion de la cloche de l'appareil.

M. Couard maintient donc ce principe que les grandes sections des conduits de chaleur sont indispensables à un chauffage économique et sain.

M. Bourdais répond à que le principe économique des petits volumes d'air à température ordinaire relativement élevée subsiste en son entier malgré les observations de M. Coüard, et que la question des pertes par ventilation est absolument indépendante du rendement des calorifères ; il suffit de développer les surfaces de chauffage de cet appareil en quantité suffisante, pour qu'il refroidisse la fumée à la température minimum qui convient, pour assurer le tirage, et que M. Coüard confond deux questions qui sont entièrement distinctes entre elles.

M. Bourdais répond que tout au moins son raisonnement subsiste pour les chauffages à eau et à vapeur.

M. Tresca dit qu'il partage en partie les opinions de détail exprimées par M. Bourdais, mais il ne saurait être de son avis quant à l'infériorité du système appliqué à l'École Monge.

En matière de chauffage et de ventilation, il n'y a pas de système absolu, de panacée universelle. Dans certains cas le chauffage à la vapeur sera préférable, dans d'autres ce sera le chauffage à l'eau. Il faut tenir compte des circonstances et des conditions locales. Ainsi, chaque fois qu'il y a de grandes longueurs horizontales à parcourir, l'eau, comme

véhicule de chaleur est préférable à l'air ou à la vapeur. C'est le cas de l'École Monge ; c'est aussi celui de l'Opéra, où l'on a adapté une installation mixte : chauffage à eau pour les longs parcours horizontaux, chauffage à air pour les parties verticales.

En considérant l'ensemble, on ne peut méconnaître le bon fonctionnement, la bonne administration, si l'on peut s'exprimer ainsi, du système de chauffage et de ventilation appliqué à l'École Monge, dans les conditions qu'a fait ressortir la communication de M. Périssé.

La seule critique importante à adresser à cette installation porte sur les chambres d'appel qui paraissent devoir ralentir le tirage au lieu de l'exciter. On pourrait peut-être aussi regretter, pour la bonne répartition de la chaleur, que les orifices d'accès et de sortie soient si peu nombreux et si rares dans chacune des salles.

Répondant à une observation de M. Coüard, M. Tresca pense que l'uniformité de température peut s'obtenir également bien, que l'on introduise l'air par le haut ou par le bas. Tout dépend d'une bonne distribution. La condition essentielle est de multiplier le plus possible les orifices d'accès et de sortie et de faire arriver l'air à une température très peu différente de celle du local à ventiler. Dans le projet d'un système de ventilation, il convient aussi de tenir compte de la destination de la salle à aérer, du nombre des personnes qui doivent s'y trouver rassemblées et qui constituent autant de foyers calorifiques, de la chaleur dégagée par les appareils d'éclairage, etc.

En résumé, tous les systèmes de chauffage et de ventilation ont leur raison d'être; le choix de l'un d'eux sera dicté par les circonstances particulières de l'installation à faire. On s'écartera peu d'un bon résultat en prenant comme base le fait que l'on peut chauffer 1,000 mètres cubes d'air par kilogramme de charbon.

M. Tresca termine en disant que légataire des doctrines de M. le général Morin, dont il a été le collaborateur dans plusieurs travaux de ventilation, il s'occupe de compulser les notes nombreuses laissées par lui sur cette question qui avait été l'objet d'une de ses études favorites; il espère que quelques-unes de ces notes pourront être publiées.

M. le Président demande à M. Trélat s'il ne voudrait pas prendre la parole.

M. Trélat répond que, suivant lui, la discussion de la question générale de ventilation et de chauffage n'a pas commencé et qu'en raison de l'heure avancée il, préfère remettre les observations générales qu'il a à présenter à la prochaine séance.

M. Tresca consulté, est d'avis que la question générale de ventilation et de chauffage mérite qu'il y soit consacré une nouvelle séance.

M. le Président remet en conséquence à la séance prochaine la suite de la discussion et donne la parole à M. Ferdinand Gautier, pour sa communication toute d'actualité, sur la déphosphoration.

M. F. Gautier dit que quelques mois se sont à peine écoulés et déjà le besoin se fait sentir de se mettre au niveau de la pratique actuelle des procédés. Ce n'est pas que des modifications bien profondes se soient présentées dans la manière d'opérer ou dans le choix des matières premières; mais des points de vue surgissent, des faits se relient les uns les autres; quelques-uns s'expliquent d'une manière rationnelle; d'autres, au contraire, restent encore enveloppés de ténèbres.

Un premier point, sur lequel j'attirerai d'abord votre attention et qui, jusqu'à présent, s'explique assez peu, c'est l'*influence du manganèse dans la déphosphoration*. Vous connaissez tout le bien qu'on a dit du manganèse; on commence à en penser un peu de mal, surtout en Angleterre; mais dans la question spéciale qui nous occupe, je crois que nous sommes en présence d'un nouveau service rendu à la métallurgie.

Au puddlage, je vous signalais, il y a un an, la déphosphoration plus complète amenée par la présence du manganèse; ainsi, des fontes tenant plus de 1 1/2 pour 100 de phosphore et qui auraient donné du fer en renfermant encore 6 ou 7 millièmes, permettaient, au contraire, par l'addition de 2 ou 3 pour 100 de manganèse et grâce à un surcroît de travail, l'obtention d'un métal, à 1/2 millième de phosphore, c'est-à-dire pratiquement déphosphoré.

Des expériences ont été faites en Angleterre par M. Stead, l'habile chimiste de Middlesborough, pour étudier cette question.

Aux forges de MM. Fox Head et Cie on prit 254 kilogrammes de fonte phosphoreuse du Cleveland à 1,37 pour 100 seulement de phosphore et on y ajouta 13 à 14 kilogrammes de ferromanganèse, de manière à constituer un mélange ayant 3 1/2 pour 100 de manganèse et 1,30 pour 100 de phosphore.

Voici les détails de l'opération :

Durée de la fusion.....	42 minutes.
État liquide.....	33 —
Bouillonnement et formation de loupes.....	40 —
Total.....	1h,55 minutes.

Les analyses indiquent la composition suivante :

DÉSIGNATION.	FONTE INITIALE.	FONTE LIQUIDE.	FER PUDDLÉ.
Carbone.....	3,60 %	3,55 %	0,12 %
Silicium.....	1,91	1,15	traces.
Phosphore.....	1,30	1,25	0,06
Manganèse.....	3,50	2,30	0,06

Quel rôle joue le manganèse dans cette déphosphoration si complète?

C'est ce qu'il est difficile de dire. Est-ce l'oxyde de manganèse, à l'état naissant, qui absorbe à mesure l'acide phosphorique, comme on serait assez porté à le croire? Quoique les expériences ne soient pas encore décisives, il semble que les choses se passent tout autrement.

En effet, voici ce que M. Stead a constaté dans deux expériences comparatives :

Dans une première opération au four à puddler, on ajouta à la fonte et à la quantité ordinaire de crasse de martelage, 15 kilogr. d'oxyde de manganèse très riche.

Dans une seconde opération, on remplaça cet oxyde de manganèse par 15 kilogr. de minerai d'hématite.

La même fonte puddlée dans les deux cas donna les résultats suivants :

DÉSIGNATION.	FONTE.	APRÈS FUSION.	SIX MINUTES APRÈS FUSION.	COMMENCEMENT du bouillonnement.	FER PUDDLÉ.
1° Avec oxyde de manganèse.					
Carbone.....	3,46	3,43	3,30	2,80	0,05
Silicium.....	2,00	0,80	0,28	0,08	—
Phosphore....	1,40	1,14	0,93	0,44	0,30
2° Avec hématite.					
Carbone.....	3,46	3,40	3,33	2,75	—
Silicium.....	2,00	0,66	0,36	0,09	—
Phosphore....	1,40	1,23	0,89	0,45	0,30

Quant à la scorie, elle avait la composition suivante :

DÉSIGNATION.	AVEC MINERAI DE MANGANÈSE.	AVEC MINERAI D'HÉMATITE.
Fer.....	49,50	51,00
Manganèse.....	3,88	—
Silice.....	20,10	22,60
Acide phosphorique.....	5,20	5,10

La scorie manganésifère était un peu plus fluide; mais elle ne semble avoir produit aucun effet sur la déphosphoration. Une fois oxydé, le manganèse ne jouerait donc aucun rôle; comment agit-il alors?

Dans le *mazéage épurateur*, tel qu'il est pratiqué aux aciéries Krupp,

nous voyons également les inventeurs réclamer une certaine proportion de manganèse dans la fonte, pour assurer l'élimination du phosphore. Ce minimum de manganèse serait aux environs de 1 pour 100; mais, pour faciliter l'opération, on dépasse de beaucoup cette proportion à Essen, puisque nous en trouvons jusqu'à 2,32 pour 100 dans les exemples cités par M. Holley. Nous ne sommes pas mieux renseignés, d'ailleurs, sur la manière dont agit ce manganèse, que nous ne l'étions tout à l'heure pour le puddlage.

Dans les premières expériences de *déphosphoration au Bessemer*, à l'usine d'Eston, le manganèse ne s'était guère introduit que comme addition finale, sous forme de spiegel ou de ferro-manganèse.

Dans la nouvelle phase où vient d'entrer le *procédé basique*[1], le manganèse apparaît comme élément, sinon indispensable, du moins fort utile, de la composition même de la fonte.

A Hœrde, d'après la communication de M. Massenez, que nous avons analysée antérieurement, et d'après les nouveaux éclaircissements que son collaborateur, M. Pink, est venu donner récemment au meeting de l'Iron and Steel Institute, à Londres, nous voyons en effet le manganèse varier entre 1,04 et 1,37 pour 100. Nous ne saurions dire, dès maintenant, quelle est, dans le succès du traitement des fontes blanches, la part de cette proportion de manganèse; mais il est très naturel de supposer que son premier effet est de développer pendant l'opération une certaine quantité de chaleur, en l'absence de la proportion ordinaire de silicium.

MM. Holland et Cooper, des aciéries Brown-Bailey et Dixon, de Sheffield, viennent de nous exposer en détail les diverses phases par lesquelles ils sont passés dans leurs essais de traitement des fontes phosphoreuses du Lincolnshire, assez analogues à celles du Cleveland. S'attaquant à des fontes blanches ayant la composition moyenne suivante :

Carbone	4 %
Silicium	0,5
Soufre	0,2
Phosphore	1,4
Manganèse	1,0

ils ont constaté que plus il y avait de manganèse dans le métal au commencement du sursoufflage, plus la déphosphoration s'obtenait d'une manière rapide.

De plus, le manganèse, en protégeant le bain contre l'excès de l'oxydation, empêche la formation d'oxyde de fer soluble et diminue l'état rouverain. On peut alors se passer d'addition de ferro-manganèse ou de spiegel, ce qui aurait un certain avantage dans la production du métal extra-doux.

Cette manière d'opérer sans addition finale n'est pas nouvelle : la plupart des aciéries l'ont essayée avec plus ou moins de succès; mais elle présente

1. C'est sous ce nom qu'actuellement on s'accorde à le désigner en Angleterre, pour éviter de l'appeler Thomas-Gilchrist-Sneius-Riley, en tenant compte des différents collaborateurs.

quelques inconvénients qui y ont fait généralement renoncer. D'abord, pour que l'on puisse terminer une opération Bessemer sans rien ajouter, il faut, dans la fonte, une proportion de manganèse, qui était supérieure à 2 pour 100 dans le cas des fontes pures, et qui semble être encore de 1,5 pour 100 dans le cas des fontes phosphoreuses. Si le manganèse ne se trouve pas naturellement dans la fonte; s'il faut l'y introduire par l'addition de minerai généralement assez coûteux, il semble préférable d'ajouter 1 pour 100 de manganèse sous forme de ferro-manganèse ou de spiegel.

Un autre inconvénient de cette manière d'opérer, c'est de produire, quand il y a un excès de manganèse, des lingots sujets à la criqûre et d'une grande sensibilité dans le chauffage.

On peut déjà, par la présence seule du phosphore et sans faire intervenir le manganèse de la fonte, arriver à des produits d'une décarburation sensiblement plus grande qu'avec les fontes pures. Du moins, c'est ce que l'on constate dans la marche des aciéries belges et allemandes, avec le procédé basique. C'est au point qu'on en a fait un reproche à cette nouvelle manière d'opérer. Vous ne pouvez faire d'acier dur, leur a-t-on dit. On ne fait pas de l'acier dur, parce qu'il est plus commode de faire de l'acier doux, dont on trouve un débouché dans les produits autres que les rails; mais on peut faire de l'acier dur, et on en a fait.

Ce qui empêchait, avec les fontes pures, de dépasser une certaine limite de décarburation; par exemple, ce qui ne permettait pas d'employer le moyen énergique du sursoufflage, c'est que l'excès d'oxygène ainsi introduit se portait non seulement sur le carbone restant, mais encore sur le fer; et il était presque impossible de se débarrasser de cet oxyde de fer. En présence du phosphore, qui absorbe à mesure cet oxygène, que le carbone n'a pas arrêté au passage, on décarbure davantage sans oxyder autant, et l'on peut même réussir, avec un peu de manganèse en présence, à ne pas oxyder du tout le métal.

Un autre point de vue, sur lequel je veux attirer votre attention, c'est que les Ingénieurs allemands continuent à affirmer, comme ils l'avaient fait déjà au Verein de Dusseldorf, que *pour réussir avec des fontes blanches, il faut un certain minimum de phosphore.* Si ce minimum n'existe pas naturellement, il faudra l'ajouter artificiellement sous forme de phosphure de fer.

Ils avaient bien donné de ce fait une première explication, dont je m'étais fait l'écho dans ma dernière communication. Elle est basée sur la quantité considérable de chaleur que dégagerait le phosphore dans l'opération, ce qui permettrait à ce corps de remplacer le silicium en totalité ou en partie.

Sans doute, le pouvoir calorifique du phosphore peut jouer un rôle important dans une opération qui, une fois commencée, doit se suffire à elle-même, au point de vue de la chaleur; mais, comme le phosphore ne brûle qu'à la fin, pendant le sursoufflage, il y a une autre cause qui rend possible l'emploi au Bessemer des fontes blanches considérées jusqu'à présent comme intraitables.

Dans une opération Bessemer, diverses questions peuvent se poser : il y a la *question chimique*, qui a été traitée fort savamment par votre ancien Président, M. Jordan, puis qui a été reprise en Autriche et en Suède par MM. Kupelwieser et Akerman.

Il y aurait une *question mécanique*, comprenant la pression du vent, son action sur la conservation des fonds, le mode de désagrégation de ceux-ci, etc.

Enfin, nous avons la *question physique*, sur laquelle nous insisterons davantage.

Lorsqu'on dit qu'on n'a pu jusqu'à présent traiter des fontes blanches, que faut-il entendre par là ?

Quand on passe au Bessemer une fonte blanche, la flamme commence immédiatement à se montrer et à croître rapidement en grandeur et en éclat; en même temps la raie jaune se fixe et le spectre s'étale; mais bientôt un bouillonnement se produit, la masse devient comme savonneuse, et quelle que soit la capacité du vase, il se fait d'abondantes projections de scorie et de fonte; l'atelier semble en feu, les alentours du convertisseur sont ruisselants d'une sorte de lave qui en interdit l'approche par le rayonnement qu'elle projette autour d'elle. C'est en vain qu'on cherche à calmer cette effervescence en diminuant autant que possible la pression du vent, on est obligé de renoncer à l'opération, car tout le contenu du convertisseur serait ainsi projeté dans la fosse de coulée.

Quand on souffle de l'air dans de la fonte liquide, *il faut que l'air puisse se séparer franchement de la fonte* après avoir rempli son rôle affinant; il faut que les produits de la combustion se dégagent régulièrement, avec calme, sans soubresauts, sans explosions ni projections. Il y a donc un état physique tout spécial, *une fluidité nécessaire et suffisante*, que doit avant tout présenter la fonte, pour que la réaction de l'oxyde de fer sur le carbone puisse se faire dans des conditions pratiques.

Voici quels ont été, jusqu'à présent, les moyens de réaliser cet état désirable :

1° En employant de la fonte grise ayant une proportion de silicium dépassant 1,5 pour 100, il y a oxydation de la majeure partie de ce corps, dès le début de l'opération. Il se fait un développement de chaleur tel, que le métal sort de son état pâteux ordinaire pour acquérir la fluidité convenable. La réaction de l'oxyde de fer sur le carbone se fait alors avec une régularité parfaite, et l'on a ce que l'on peut appeler le *type de l'opération Bessemer au point de vue physique*, sans aucun des accidents que je vous dépeignais tout à l'heure.

2° On arrive au même résultat en remplaçant le silicium par une quantité double de manganèse dans la fonte; mais on a des opérations moins nettes, obscurcies par d'abondantes fumées, et dont il est plus difficile de déterminer la fin. De plus, les lingots obtenus ont une tendance à la criqûre et sont d'un chauffage délicat.

3° Quand la chaleur initiale de la fonte est très élevée, on arrive à une

bonne allure d'opération, même avec une faible teneur en silicium. C'est ainsi que l'on opère en Suède, avec les fontes prises au fourneau, et provenant d'une allure très chaude.

4° Dans le cas où la fonte est refondue au cubilot, on peut remédier au défaut de silicium de la fonte en employant un excès de coke. On arrive ainsi par une sorte de *surchauffage* à de bonnes opérations, très nettes d'allure.

5° Enfin, d'après les renseignements que me communique M. Kupelwieser, on refond aux aciéries de Ternitz, dans des fours Siemens, un mélange de moitié fonte grise et moitié chutes de rails. Le produit de cette fusion, qui ressemble à une fonte blanche, pauvre en carbone et en silicium, est ensuite passé au convertisseur Bessemer, et grâce à la haute température initiale, on obtient de très bonnes opérations.

La fluidité nécessaire et suffisante, que doit posséder le métal avant l'action de l'oxyde de fer sur le carbone, s'obtenait donc jusqu'à présent plus ou moins directement par une élévation de température.

On peut obtenir également cette fluidité par la simple présence d'une quantité suffisante de phosphore. Quand les Ingénieurs allemands nous disent que s'il n'y a pas assez de phosphore il faut en ajouter, ils font appel, sans s'en être rendu compte, peut-être, à cette propriété du phosphore, bien connue des fondeurs, de donner de la fonte très fluide. Mais nous voyons aussi, qu'au lieu d'ajouter cet élément nuisible dont il faudra se débarrasser ensuite, ce qui à première vue semble irrationnel, nous pourrons arriver aussi à la fluidité suffisante par quelque autre moyen imité de ceux que je vous citais plus haut.

En employant une comparaison un peu vulgaire, on peut dire que la différence qui existe entre le traitement au Bessemer d'une fonte blanche pure et d'une fonte blanche phosphoreuse, est du même ordre que l'ébullition du lait et celle de l'eau pure.

A côté de ce rôle tout physique du phosphore, il ne faut pas non plus oublier, que la combustion de ce corps se fait avec un dégagement de chaleur assez considérable. On avait parlé d'abord, sur l'autorité de Laplace et Lavoisier, d'un pouvoir calorifique de 7,500 calories analogue à ceux du silicium et du carbone; les travaux de Favre et Silbermann donnent 5,748 calories seulement, et M. Berthelot admet 5,838 d'après MM. Abria et Thomsen. Ces nombres sont suffisants pour expliquer une influence calorifique, importante si on tient compte de cette analogie du phosphore et du silicium, que le produit de la combustion de ces deux corps n'est nullement volatil, et laisse au contact du bain toute la chaleur, qui a été développée; mais ils me semblent complètement insuffisants pour expliquer la possibilité du traitement des fontes blanches, par la combustion seule du phosphore. En jetant un coup d'œil sur les diagrammes d'opérations phosphoreuses, on voit que la majeure partie du phosphore ne brûle que tout à fait à la fin, dans le sursoufflage. C'est d'ailleurs le moment le plus utile; le carbone a disparu en entier et la fusibilité du

métal est devenue aussi faible que possible ; c'est donc alors que la congélation du produit serait le plus à craindre.

Résumons donc cette action double du phosphore :

1° Communication d'une grande fluidité à la fonte,

2° Élévation de la température du bain pendant le sursoufflage.

A côté de ces points de vue généraux qui se dégagent des renseignements les plus récents sur l'état actuel de la déphosphoration, il ne faut pas négliger de passer en revue quelques progrès réalisés dans la pratique.

Le *procédé basique* fait passer dans une scorie très chargée en chaux et magnésie, l'acide phosphorique produit par l'oxydation du phosphore de la fonte. On a beaucoup discuté pour établir si cet acide phosphorique était réellement combiné à la chaux et à la magnésie, enlevées au garnissage ou aux additions terreuses; ou bien s'il était combiné à l'oxyde de fer de la scorie. La question me semble restée dans un demi-jour, dont je ne chercherai pas à la faire sortir.

Je ferai remarquer seulement qu'à mesure qu'on évite davantage la présence du silicium dans la fonte, on arrive à des scories de plus en plus difficiles à maintenir dans un état de liquidité parfaite. Ce n'est pas que nous soyons en présence d'une mauvaise séparation du métal et de la scorie, comme dans ces industries où les grenailles sont une cause importante de déchet. Non. Mais, dans une opération qui ne reçoit aucune chaleur de l'extérieur, il y a un équilibre que le peu de fusibilité de la scorie rend difficile à maintenir; à chaque renversement du convertisseur, cette scorie, d'une fluidité douteuse, tend à se figer contre les parois; on arrive alors à un rétrécissement de l'orifice qui devient gênant, car il peut arriver jusqu'à l'obstruction complète. Cet inconvénient s'était déjà présenté à Eston, mais seulement quand on insufflait de la chaux.

On vient d'y remédier d'une manière aussi simple qu'effective, en formant toute la partie supérieure du garnissage du convertisseur en briques réfractaires ordinaires. On introduit bien ainsi une certaine quantité de silice dans la scorie, mais pas assez, paraît-il, pour gêner l'absorption du phosphore.

On a cherché également un remède à l'usure comparativement si rapide des fonds de convertisseur dans le procédé basique. On semble avoir obtenu d'assez bons résultats en employant des tuyères en terre réfractaire ordinaire au lieu de percer des trous dans le pisé de dolomie grillée et agglomérée au goudron. On a obtenu aussi de meilleurs résultats en augmentant la pression du vent; la fonte liquide étant soulevée avec une force plus grande, les remous destructeurs auraient moins d'effet; c'est, du reste, un résultat que l'on avait déjà observé en Suède.

M. F. Gautier termine en annonçant le prochain dépôt de son compte rendu du livre de M. Jeans sur l'acier, son histoire, sa fabrication et ses usages.

M. Jordan, puisqu'il prend la parole sur la question de la déphosphora-

tion, dont l'état actuel est bien connu des membres de la Société, grâce aux intéressantes communications de M. Gautier, ne peut pas ne pas commencer par un fait presque personnel qui remonte à 1869. Peu de temps avant la guerre, il reçut la visite d'un membre de la Société, M. Bonneville, attaché à l'usine céramique de M. Émile Muller, à Ivry, qui venait l'entretenir d'essais que ce dernier voulait entreprendre. Après avoir lu un mémoire de M. Gruner, paru récemment, et où le savant professeur de l'École des mines faisait ressortir l'influence des parois des fours sur la déphosphoration de la fonte, M. E. Muller, qui s'occupait déjà de la fabrication de briques en magnésie, cherchait un fabricant d'acier disposé à essayer une garniture de convertisseur en magnésie, et aussi les additions de chaux vive dans le bain pendant l'affinage pour maintenir la scorie basique ; M. Bonneville était venu consulter M. Jordan sur les chances de réussite. M. Jordan lui répondit en demandant si M. Muller était en position de fournir les matériaux réfractaires magnésiens à un prix qui lui permit de proposer à une usine l'essai en question, certainement intéressant, mais délicat à entreprendre. Peu de temps après la guerre était déclarée, Paris assiégé et M. Jordan ne sait pas au juste quelle suite eut l'idée de M. Em. Muller; il a seulement appris plus tard qu'un brevet avait été pris, et qu'il était tombé dans le domaine public. Il est certainement flatteur pour la Société de trouver le nom de son ancien président, M. Emile Muller, aussi honorablement attaché aux origines de la question qui occupe tellement les métallurgistes depuis quelque temps.

Revenant maintenant aux communications de M. Gautier, M. Jordan à propos de celle du 9 janvier dernier, croit devoir fournir quelques données rectificatives au sujet des puissances calorifiques du phosphore et du manganèse. L'énorme quantité de chaleur fournie par la combustion du phosphore est connue depuis très longtemps et elle a été mesurée par plusieurs savants. En laissant de côté le chiffre de 7,500 calories déterminé par Lavoisier et Laplace au moyen de leur calorimètre de glace et qui ne présente pas les garanties d'exactitude nécessaires, on a pour la chaleur produite par la combustion de un kilogramme de phosphore les chiffres suivants :

5,670 calories d'après M. Abria;
5,747 — d'après MM. Favre et Silbermann;
5,867 — d'après M. Thomsen.

Ce dernier chiffre est celui qu'adopte M. Berthelot dans les Tables de thermochimie insérées dans l'*Annuaire du bureau des longitudes*. L'importance du rôle du phosphore dans les combustions intermoléculaires, mis en relief par les ingénieurs de Hoerde, avait été reconnu déjà il y a longues années par feu M. H. de L'Espée, directeur des aciéries d'Imphy, qui a rapporté en 1867 ou 1868, à M. Jordan, une expérience faite au convertisseur Bessemer avec de la fonte très phosphoreuse et qui s'était terminée par la perforation de l'appareil. Depuis cette époque ou environ, M. Jordan,

dans son cours à l'École centrale, range le phosphore parmi les combustibles dont il indique les puissances calorifiques, à côté du silicium et du fer. En ce qui concerne le manganèse, M. Gautier (et aussi M. Koehler de Bochum qui a publié un mémoire sur le nouveau Bessemerage), a été mal renseigné lorsqu'il a dit que MM. Troost et Hautefeuille avaient déterminé sa puissance calorifique comme étant de 8,000 calories : ces deux savants n'ont pas encore effectué cette détermination. M. Jordan est en situation aujourd'hui de faire connaître cette donnée grâce à l'obligeance de M. Thomsen, professeur de chimie à l'Université de Copenhague, et il pense que les métallurgistes doivent pour cela de la reconnaissance à ce savant étranger.

1 kilog de manganèse en se transformant en protoxyde de manganèse fournit 1,723 calories.

1 kilog. de manganèse en se transformant en bioxyde de manganèse (MnO^2) fournit 2,114 calories.

L'étude du chauffage par combustion intermoléculaire a fait du chemin depuis 1869, époque où M. Jordan en entretenait la Société pour la première fois. Aujourd'hui les métallurgistes sont en possession de quatre combustibles : le fer, le manganèse, le silicium et le phosphore, auxquels ils ne pensaient guère autrefois et qui ont, sur les combustibles carbonés ou hydrogénés, l'avantage de fournir des produits de combustion non gazeux et restant au contact des métaux à chauffer. Un autre combustible, le soufre, a acquis de l'importance récemment pour la métallurgie du cuivre dans le traitement pneumatique des pyrites par le procédé Hollway, qui a été décrit ici par MM. Pourcel et Gautier : mais il n'est pas à comparer aux quatre précédents à cause de la nature volatile de ses produits de combustion.

Le nouveau procédé de déphosphoration a appelé encore vivement l'attention des métallurgistes sur un autre point qui avait aussi été signalé déjà sans qu'on s'en fût assez préoccupé, à savoir, la nature chimique des produits réfractaires employés pour les garnitures intérieures des fourneaux et appareils. Ces garnitures semblent pouvoir se classer en cinq catégories différentes, tout en étant très résistantes à la chaleur :

1° Acides, comme les garnitures en silice ou silicates d'alumine, briques siliceuses ou briques de Dinas, ganister, briques argileuses, etc.;

2° Basiques, comme les garnitures en chaux, en magnésie, en dolomie;

3° Réductrices ou carburantes, comme celles en graphite, plombagine, etc.

4° Oxydantes ou décarburantes, comme celles en minerais ou oxydes de fer, en bulldogs, en riblons brûlés;

5° Neutres ou à peu près, comme des garnitures en bauxite très alumineuse (quoique l'alumine joue, suivant les cas, le rôle d'acide ou de base, d'acide avec la chaux, de base avec l'acide phosphorique, par exemple), ou des garnitures mixtes faites avec de la chaux agglomérée par le goudron, ou d'autres encore.

Quoique ces dénominations n'aient qu'une valeur relative, elles peuvent

servir à donner une idée de la voie nouvelle où est entrée la fabrication des matériaux réfractaires, en même temps que de l'importance qu'elle a acquise. Interrogé à Londres en mai 1879, par le président, au Meeting de l'Iron et Steel Institute, où il a été question, pour la première fois, du nouveau procédé de déphosphoration, M. Jordan répondit que pour lui le point capital lui semblait être l'obtention de garnitures basiques solides et suffisamment économiques, et qu'une fois ce résultat obtenu, les métallurgistes trouveraient certainement des formules aussi variées pour le travail dans le convertisseur qu'ils en ont trouvé pour le puddlage ou l'affinage au bas foyer. Aujourd'hui il répéterait encore volontiers la même chose, parce qu'il lui semble que les faits mêmes qui ont été rapportés par M. Gautier viennent à l'appui de cette opinion.

La question des garnitures basiques a avancé beaucoup depuis un an et demi sans paraître cependant être encore complètement résolue. On a employé divers agglomérants pour la chaux : le silicate de soude, le pétrole, le goudron, par exemple ; on a fait des briques en dolomie sans agglomérant : l'action d'une température excessivement élevée produisant une sorte de fritte sur ce mélange de chaux et de magnésie, qui remplace l'agglomérant. On a reconnu que cette température excessivement élevée rendait ces bases terreuses moins sensibles aux actions atmosphériques (humidité et acide carbonique) et permettait ainsi de conserver les briques un certain temps. A ce sujet M. Jordan rappelle que l'effet d'une trop forte chaleur sur la chaux vive était un fait connu déjà avant Vicat et que tous les constructeurs ouvrent la difficulté d'utiliser les biscuits. — Malgré tout ce qui a été fait, M. Jordan ne croit pas que la fabrication des matériaux réfractaires basiques soit complètement entrée dans la pratique courante et économique.

On ne paraît pas pouvoir encore, par exemple, obtenir des tuyères de convertisseur en chaux ou en dolomie cuite et on est obligé, comme le disent MM. Holland et Cooper, soit de faire les fonds en pisé de chaux et de goudron à travers lequel on réserve des trous (d'assez gros diamètre relatif) au moyen de broches en fer, soit de les faire en pisé pilonné autour de tuyères ordinaires en argile réfractaire. Le revêtement des cols présente aussi des difficultés : si on le fait en matériaux calcaires, la chaux employée comme réactif pendant le travail va s'y coller et finit par obstruer l'orifice : on a trouvé un palliatif en revêtant de briques réfractaires ordinaires les régions où se produisent ces garnissages, mais, comme le disent aussi MM. Holland et Cooper, il y a là encore quelque chose qui n'est pas bien compris.

Il est vrai que jusqu'à présent on a travaillé avec des convertisseurs profilés et construits comme pour le procédé Bessemer *acide*, et qu'on prévoit déjà l'utilité de certaines modifications. A Eston, on a eu l'idée d'agrandir l'orifice du col pour diminuer les risques d'engorgement par les dépôts calcaires : mais l'idée est-elle bonne ? M. Jordan croit qu'on peut en douter ; en élargissant le col, on diminue la pression intérieure des gaz dans le

convertisseur et par suite on doit diminuer les crachements de scorie et ainsi augmenter la facilité de formation des garnissages; de plus, en même temps que la pression intérieure, la température doit aussi diminuer à cause de la dissociation qui est plus considérable, et les scories, plus visqueuses, peuvent se coller plus aisément aux parois. Les faits cités par MM. Holland et Cooper viennent à l'appui de ces considérations théoriques, de même que ce que vient de dire M. Gautier de l'utilité de souffler avec une plus forte pression. La forme ordinaire des convertisseurs qui remonte à l'origine même du procédé Bessemer a-t-elle maintenant autant de raison d'être qu'à l'époque, surtout avec le procédé basique? Le mode ordinaire de démontage des appareils en deux pièces ne peut-il être changé avec avantage pour l'application d'une formule de travail avec laquelle l'usure des parois semble plus rapide? Il y a là certainement matière à des améliorations dont les résultats peuvent être considérables pour l'avenir du procédé basique.

M. Jordan pensait l'année dernière et pense encore que les formules de travail pour la déphosphoration pourront être assez variées, et ce qui s'est passé depuis un an vient à l'appui de son opinion. On a commencé à Eston à travailler sur des fontes grises très siliceuses en ajoutant pendant le travail, comme réactif, un mélange de chaux et d'oxyde de fer, et après la fin du soufflage une certaine proportion de spiegeleisen ou de ferromanganèse. A Hoerde on traite actuellement des fontes blanches très peu siliceuses, mais manganésifères, avec une addition initiale de chaux vive seulement, avec ou sans addition finale de spiégeleisen. Dans une autre usine on a cherché dans une autre direction et on a essayé le bessemerage dans une garniture en graphite ou en carbone aggloméré. Voilà donc des formules bien distinctes, on en a déjà employé et on en emploiera encore d'autres, bien certainement. M. Jordan ne peut entrer en ce moment dans la discussion de ces diverses formules. Il fera seulement quelques remarques à propos de certaines points de la communication de M. Gautier.

1° En ce qui concerne le rôle du manganèse dans la déphosphoration au four à puddler ou au four de mazéage, il est difficile de discuter sans connaître exactement et en détail les faits. Une addition d'oxyde de manganèse dans une expérience faite chez MM. Fox, Head et Cie n'aurait produit aucune déphosphoration supplémentaire, comparativement à une addition de minerai hématite : mais quel était ce dernier et n'était-il pas manganésifère lui-même? Puis à quel moment de l'opération a-t-on ajouté le minerai de manganèse? était-il chauffé et fritté de manière à s'incorporer au bain ou était-il froid et en poudre? M. Jordan peut dire que dans une grande usine de l'Est qui puddle des fontes phosphoreuses, on obtient de très bons résultats avec une addition de minerai de manganèse pendant le travail et on fabrique de bons fers de tréfilerie. Le puddlage est une opération assez complexe, et un réactif introduit dans le bain peut jouer un rôle fort différent suivant le moment où on l'introduit et suivant qu'il est froid et solide, ou chaud et fondu, que ce réactif soit du ferromanganèse, de l'oxyde de

manganèse, de l'argile ou autre. Il y a longtemps qu'on a reconnu l'utilité des additions manganésées, quoique certains praticiens et certains auteurs l'aient contestée probablement à cause de ce qui précède : la poudre de Schafhaeutl dont on a tant parlé il y a quarante ans environ était composée de bioxyde de manganèse, de sel marin et de terre à potier alumineuse.

2° En ce qui concerne le bessemerage sans addition finale, les renseignements de M. Jordan ne concordent pas avec ceux de M. Gautier. Il sait que plusieurs grandes usines travaillent suivant cette formule et s'en trouvent bien, de sorte qu'elles sont loin de songer à y renoncer.

3° En ce qui concerne le rôle du phosphore, M. Jordan croit, comme M. Gautier, que les fontes phosphoreuses sont plus fluides, toutes choses égales d'ailleurs, que les fontes non phosphoreuses; mais il ne croit pas, d'après les données qu'il a pu avoir jusqu'à présent et d'après ce qui a été dit par MM. Holland et Cooper de la rapidité plus grande avec laquelle le phosphore s'oxyde et disparaît à la fin du soufflage comparativement au manganèse, qu'il y ait dans cette fluidité une raison pour attacher moins d'importance à la puissance calorifique de ce métalloïde, et il est disposé à accepter l'affirmation de M. Pink quand il a dit à Londres : « Il n'est plus possible de contester que le phosphore peut remplacer et remplace effectivement le silicium comme élément calorifique dans le convertisseur quand on travaille d'après le système Thomas-Gilchrist.

4° Enfin, les analyses publiées par Hoerde et que M. Gautier a insérées dans sa communication du 9 janvier, prouvent qu'il s'effectue dans le travail au convertisseur basique, en même temps que la déphosphoration, une désulfuration notable : les 3/4 du soufre primitivement contenu dans le bain ont disparu. Toutefois, d'après les analyses connues, il n'aurait pas été jusqu'à présent employé dans le convertisseur basique des fontes tenant plus de 2 à 2 1/2 millièmes de soufre, et M. Thomas semble dire qu'on ne peut employer une fonte plus sulfureuse. Or, dans les districts sidérurgiques français les plus intéressés dans la question de la déphosphoration, il peut être difficile de fabriquer économiquement une fonte ne contenant pas plus de 2 à 2 1/2 millièmes de soufre et contenant moins de 1/2 centième de silicium. Il y a là une question économique dont l'importance n'échappe à personne.

M. le Président remercie MM. Gautier et Jordan pour les communications très intéressantes qu'ils viennent de faire et que malheureusement l'heure avancée ne permet pas de discuter.

Le Président communique aux membres de la Société la lettre suivante, qu'il a reçue de notre collègue, M. Trélat, et invite ceux d'entre eux qui voudraient prendre part au Congrès de Reims à se faire inscrire chez M. Husquin de Rhéville qui tiendra, à leur disposition soixante lettres d'invitation.

MON CHER PRÉSIDENT,

« *L'Association française pour l'avancement des sciences* tiendra cette année son neuvième Congrès à Reims, du 12 au 19 août. J'aurai l'honneur d'y présider les 3e et 4e sections (navigation, génie civil et militaire), et je m'occupe d'en préparer les travaux.

« Je me reprocherais et vous me reprocheriez aussi, dans ces circonstances, de ne pas fixer l'attention de la Société des Ingénieurs civils sur l'intérêt qui s'attache à l'œuvre éminemment patriotique de l'Association française fondée à l'exemple de l'Association britannique, et déjà si florissante.

Permettez-moi de faire appel à votre voix présidentielle pour inviter nos Collègues à prendre part au Congrès de Reims et à vouloir bien m'indiquer à l'occasion les communications orales ou écrites qu'ils compteraient faire sur des sujets se rapportant à *la navigation, au génie civil et au génie militaire.*

« Je vous prie d'exprimer d'avance ma reconnaissance personnelle à ceux de mes Collègues qui voudront bien réserver leur collaboration au Congrès de Reims.

« Veuillez agréer, etc.

« *Signé :* TRÉLAT. »

MM. Adrien Bey, Baudon, Capacci, Chaperon, Clarté, Cousin, Crépel, Forsans, Galler, de Lavalette, Loubery, Leprou, Mallez-Martin, Michaux, Passelecq, Raveau, Vaslin, Vollot, ont été reçus comme membres sociétaires.

MM. Ardouin, Barat, Guillet, Hiart, Olivier, Potelet, comme membres associés.

Séance du 18 Juin 1880.

PRÉSIDENCE DE M. GOTTSCHALK.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

A propos du procès-verbal de la séance du 4 juin, M. Muller remercie M. Jordan de la part d'honneur qu'il lui fait dans les études et recherches des produits réfractaires appliqués à la métallurgie de l'acier. Puisque tous les métallurgistes savent que ses essais persévérants depuis quinze ans, ne sont pas une affaire pour lui, mais une question d'amour-propre et de devoir de situation, il se fait un plaisir de compléter les renseignements donnés par M. Jordan.

C'est en 1866 qu'il a pu commencer à offrir à la métallurgie des produits en magnésie, en suite d'études antérieures entreprises avec son ingénieur-chimiste M. Bonneville.

En 1867, il exposait des produits, et en 1868, il construisait, à Ivry, un

four tout en magnésie, afin de pouvoir livrer des matériaux irréprochables aux essais qu'il espérait voir tenter. — En 1869, une longue correspondance avec les principales forges, leur signalait précisément ce qui aujourd'hui préoccupe les métallurgistes.

M. Muller pense qu'aujourd'hui les produits en magnésie pure peuvent être fabriqués partout, à des prix très abordables. — Il croit que l'emploi des dolomies est loin de donner satisfaction et ses dernières recherches lui permettent de penser que la chaux pure peut être agglomérée, dans toutes les usines métallurgiques, sans grands frais à mesure de besoin.

Le procès-verbal de la séance du 4 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT prononce les paroles suivantes sur la mort de M. Tessié du Motay, membre de la Société : Le nom de M. Tessié du Motay, laissera une trace durable dans l'histoire de la chimie industrielle, à laquelle il a fait faire de grands progrès. Il est impossible de rappeler aujourd'hui tous les travaux si variés qui ont illustré sa carrière. Parmi ceux qui resteront, je citerai : la photographie vitrifiée, les procédés de blanchiment de la cire, de l'ivoire, des matières textiles, notamment des soies du Tussah, la fabrication industrielle de la baryte, la préparation en grand et à bon marché de l'oxygène, l'éclairage oxydrique. Ces dernières découvertes lui avaient valu deux médailles d'honneur à l'Exposition de 1867, et la distinction de chevalier de la Légion d'honneur, en 1869. Enfin, M. Tessié du Motay s'est rapproché davantage des travaux de l'ingénieur par ses perfectionnements aux méthodes de puddlage et ses recherches plus récentes sur la métallurgie du cuivre, du fer et de l'acier. A cette occasion, son nom a été souvent prononcé dans cette enceinte, comme un de ceux qui ont, parmi les premiers, abordé le problème de l'épuration des fontes phosphoreuses, et qui ont entrevu le rôle du phosphore dans la sidérurgie.

A tous ces titres, la perte de M. Tessié du Motay sera vivement ressentie par notre Société.

M. REGNARD demande à ajouter quelques mots à l'énumération des travaux de M. Tessié du Motay, dont le génie inventif et l'activité infatigable ont abordé les questions les plus variées. Il avait notamment réussi à fabriquer sur une grande échelle, dès 1872, les briques de magnésie, dont il faisait les garnissages de ses appareils d'essais métallurgiques.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. LOUSTAU, trésorier, donne communication de l'Exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 19 décembre 1879, de.	1577
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, pendant le 1er semestre 1880, de.	155
	1732
A déduire, par suite de décès, pendant ce semestre. . .	7
Nombre total des Sociétaires au 18 juin 1880.	1725

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1880 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations)	25,287 75	31,787 75
2° Pour le fonds social inaliénable (8 exonérations et 3 dons volontaires)	6,500 00	
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations		45,240 »
Total de ce qui était dû à la Société		77,027 75

Au 19 décembre 1879, le solde en caisse était de	9,847 72	44,635 47
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1880, se sont élevées à	34,787 75	

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses (contributions, assurances, intérêts de l'emprunt, appointements, impressions, affranchissements, etc.)	20,964 25	26,312 75
2° Pour achat de 14 obligations du Midi, au porteur, sur le fonds courant	5,348 50	
Il reste en caisse à ce jour		15,322 72

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante à la date du 18 juin 1880.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces	1,904 »
2° De 165 obligations du Midi, ayant coûté	56,270 94
Total du fonds courant	58,174 94

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces		13,418 72	227,625 62
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo		6,000 00	
3° Un hôtel dont la construction a coûté	278,706 90	208,206 90	
sur lequel il reste dû	70,500 »		
Total de l'avoir de la Société			285,800 56

M. le Président propose à l'Assemblée d'approuver les comptes qui viennent de lui être présentés; cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président se fait l'interprète de la Société en remerciant M. Loustau de sa gestion et de son dévouement à la Société.

Il profite de la circonstance pour remercier tous ceux des collègues qui ont bien voulu l'aider dans le recrutement et tous les membres nouvellement admis qui ont bien voulu répondre à son appel; mais bien que le nombre des membres nouveaux atteigne 155 depuis le commencement de cette année, le Président rappelle qu'il y a encore beaucoup de progrès à réaliser, si on compare nos résultats à ce qui se passe dans des Sociétés beaucoup plus jeunes que la nôtre.

En nous donnant chacun un peu de peine nous pouvons facilement recruter d'ici à la fin de l'année encore 275 membres parmi les ingénieurs et industriels, tant en France qu'à l'étranger, de façon à arriver à avoir 2000 membres à la fin de 1880.

Ce n'est que quand nous pourrons disposer d'influences et de capitaux importants comme les Sociétés anglaises du même genre que la nôtre, que nous pourrons réellement affirmer notre force et l'utilité publique de notre institution en ajoutant encore à l'intérêt et à l'importance de notre mission et de nos publications.

Le Président compte donc sur ses Collègues pour continuer à l'aider dans la voie du recrutement.

Un autre point à signaler est le grand retard dans le payement des cotisations.

Il est dû en ce moment à la Société la somme considérable de 45,240 fr.

Le Président se permet de faire un appel aux retardataires en leur rappelant que les dépenses ont considérablement augmenté, par suite de la transformation du bulletin en un bulletin mensuel, accompagné de chroniques et de comptes rendus que chacun a pu apprécier.

Pour simplifier autant que possible la tâche toujours de plus en plus considérable de notre Trésorier et de notre Secrétaire archiviste, il faut que tous ceux d'entre nos Collègues qui ont le moyen de s'exonérer, le fassent le plus tôt possible.

A ce sujet le Président remercie ceux des membres nouveaux qui ont bien voulu répondre à son appel en s'exonérant dès le début; le Président remercie au nom de la Société ceux d'entre eux, MM. Godillot et Montagnier qui ont accompagné ces exonérations de dons volontaires et notamment M. Gustave Pereire, qui à l'exemple de toute sa famille a désiré nous prouver par un don volontaire notable l'intérêt qu'il prend aux œuvres d'initiative privée.

La proposition du Président, de tirer au sort 24 obligations sur les 141 restant encore à rembourser, est approuvée à l'unanimité.

Une Commission, composée de MM. Mathieu Vice-Président, Loustau Trésorier, Chobrzinsky et Demimuid, est chargée, séance tenante, de procéder à l'opération du tirage au sort, qui donne le résultat suivant :

Numéros des obligations sorties :

8 — 12 — 19 — 51 — 52 — 56 — 61 — 70 — 73 — 76 — 83 — 85 —

93 — 95 — 101 — 102 — 106 — 118 — 122 — 135 — 136 — 142 — 152 — 179.

M. le Président rappelle qu'un certain nombre d'obligations sorties l'année dernière n'ont pas encore été remboursées; il espère que les propriétaires en veulent faire profiter la Société et les remercie en son nom.

L'ordre du jour appelle la remise de la médaille d'or, au meilleur mémoire déposé au cours de l'année 1879.

Aux termes du programme de concours, la Commission, composée du Président et des Vice-Présidents, a décidé que cette médaille sera attribuée à M. Huet, pour son travail sur les mines du Laurium. M. le Président est heureux de rappeler que M. Huet, a déjà reçu, en 1865, une médaille d'or, offerte par un groupe de 25 sociétaires qui ont désiré conserver l'anonyme, pour un travail fait en collaboration avec notre regretté collègue, M. Geyler. C'est depuis lors que la Société a décidé d'accorder une médaille d'or chaque année. A ce propos, M. le Président annonce qu'il reste encore une médaille disponible, provenant des années antérieures.

La parole est à M. Marché, pour son compte rendu du Mémoire de M. Barba sur les allongements des métaux après rupture.

La quantité et la dureté d'un métal sont indiquées généralement par les chiffres donnés à l'essai à la traction et spécialement par ceux qui représentent la limite d'élasticité, la charge à la rupture et l'allongement total après rupture; mais ces trois chiffres peuvent avoir, pour un métal, des valeurs différentes suivant le mode de préparation du métal, le mode d'expérimentation et la forme et les dimensions de l'éprouvette.

Le mémoire de M. Barba renferme un grand nombre d'expériences faites méthodiquement dans le but de déterminer l'influence exercée sur les résultats des essais par ces diverses conditions.

M. Barba passe successivement en revue l'influence des têtes des éprouvettes, celle de la variation simultanée des dimensions transversales et de la longueur, celle de la forme, etc.

Toute la théorie de M. Barba, est basée sur l'hypothèse que toutes les déformations permanentes subies par le métal se produisent sans changement de volume, la diminution de section en chaque point du barreau étant inversement proportionnelle à l'allongement en ce point. Pour vérifier ce fait, M. Barba a procédé à une série d'expériences. Sur des éprouvettes prises dans des tôles, il a tracé des lignes droites équidistantes dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, et il a évalué le volume de chaque petit prisme avant et après l'épreuve; la variation qu'il a trouvée est de 0,35 pour 100. Des expériences faites en ayant recours à la mesure des densités, ont conduit à un résultat analogue, soit moins de 1 pour 100 de variation de volume.

M. Marché pense, en s'appuyant sur les expériences de Kirkaldy, qui a trouvé des augmentations de volume atteignant 1 pour 100 et qui admet que la densité est diminuée par la traction, qu'il y aurait peut-être encore

d'autres expériences à exécuter avant d'admettre d'une façon absolue que l'allongement à la traction s'effectue sans aucune variation de volume, il croit d'ailleurs que s'il y a augmentation, elle ne se produit que dans les parties voisines de la striction.

M. Barba comparant après rupture les différentes sections d'une même éprouvette, a cherché à se rendre compte de l'influence des diverses dimensions, et a formulé cette loi de similitude : qu'on obtient le même résultat avec des éprouvettes dont le rapport du diamètre à la longueur est le même.

Avant que la striction commence à se produire les allongements sont les mêmes, quel que soit le diamètre, pour une même charge par unité de section. L'allongement dû à la striction est ensuite d'autant plus considérable que le diamètre de l'échantillon éprouvé est plus grand.

Sur des éprouvettes découpées dans des tôles, le maximum d'allongement a été obtenu quand le rapport de la largeur à l'épaisseur était de 6 à 1. D'où la nécessité de spécifier, lorsqu'on cite des résultats d'essais, les dimensions des éprouvettes.

Enfin M. Barba a fait une série d'expériences pour rechercher l'influence de la rapidité des essais, en faisant la traction d'une manière lente ou rapide et par une succession d'efforts réitérés. En terminant il conclut que : « *Les épreuves de traction ne peuvent pas donner d'indications absolues ; elles sont seulement comparables et il faut se garder de prendre à la lettre les résultats qu'on peut observer aux appareils d'essai dont on a tendance à abuser.* »

M. Barba s'est placé au point de vue du producteur de métal, et a cherché les conditions d'expériences à réaliser pour obtenir les chiffres d'allongement les plus élevés, M. Marché termine en appelant l'attention de ses Collègues, consommateurs de métal pour la plupart, sur les conclusions qu'ils peuvent, dans leur intérêt, tirer du travail de M. Barba. Il croit d'ailleurs que leurs essais à la traction doivent toujours être accompagnés d'essais sur les pièces elles-mêmes.

M. Tresca dit que l'habileté bien connue de M. Barba impose une grande confiance dans les résultats qu'il cite, et qui apportent des éléments très intéressants à la question de la résistance des matériaux.

Mais un point capital serait surtout à établir, l'augmentation de volume à laquelle il a été fait allusion. Pour sa part M. Tresca n'y a jamais cru, bien que la formule de Poisson l'admette implicitement. M. Tresca a bien torturé des métaux, sans pouvoir jamais constater la moindre augmentation de volume. Il est d'avis que celles qui ont pu être constatées ne sont que le résultat d'erreurs d'observation.

Il est facile de mesurer le cylindre primitif que représente une éprouvette de traction. Mais après la déformation cette mesure n'est plus aussi facile. De petits déchirements se produisent dans la matière et une augmentation apparente de volume peut être constatée, mais elle n'est pas absolue. La densité ne fournit pas un moyen d'investigation plus exact, car de petites criques imperceptibles mais nombreuses peuvent ne pas être mouillées, de sorte qu'on peut constater encore par ce moyen un volume plus grand que

le volume vrai. Il ne faut donc pas laisser accréditer cette augmentation de volume, à laquelle M. Tresca répète qu'il ne croit pas.

M. Marché dit que c'est plutôt à Kirkaldy ou à lui-même qu'à M. Barba que sont imputables les hypothèses sur l'augmentation de volume qu'il a émises dans son compte rendu de l'ouvrage de M. Barba.

M. Regnard fait remarquer que M. Marché a dit que les augmentations de volume ne sont appréciables que dans les parties voisines de la striction. Il y a là, pense M. Regnard, la confirmation de l'hypothèse de M. Tresca sur les déchirements qui fournissent une augmentation apparente de volume. Quiconque a fait des expériences de ce genre a pu observer en effet des déchirements très apparents, surtout au voisinage de la section de rupture.

M. Périssé émet l'opinion que les procédés d'essai dont M. Marché a parlé, ne sont pas suffisants pour pouvoir se rendre bien compte de l'influence des corps étrangers alliés ou combinés avec le fer. Il pense qu'à ces procédés d'essai, il serait utile d'ajouter des *essais au choc*, faits dans les conditions voulues pour pouvoir les comparer entre eux.

Il rappelle à ce propos, que pendant l'Exposition de 1878, l'Institut anglais du fer et de l'acier a reçu une intéressante communication de M. *D. Adamson* qui a présenté les résultats des expériences faites sur des fers et sur des aciers soumis aux chocs d'une matière explosive.

Il est bien désirable, d'après M. Périssé, que les essais au choc entrent dans la pratique courante, à côté des essais à la traction. On pourra ainsi mieux connaître la valeur industrielle et commerciale du métal, fer ou acier et se rendre mieux compte de l'influence des corps étrangers, du phosphore par exemple qui rend les fers et les aciers très sensibles aux chocs, c'est-à-dire très fragiles lorsque la proportion dépasse un certain chiffre. Il croit savoir que depuis un an ou deux, les essais au choc ont été mis en usage à l'étranger où ils rendent des services et il désire pour sa part qu'ils se vulgarisent bientôt en France.

M. le Président rappelle que dans le dernier *Bulletin* de la Société il est rendu compte d'essais nombreux et d'expériences faites en Russie, avec observation de la température à laquelle étaient soumis les métaux essayés.

M. le Président remercie M. Marché et M. Barba, dont le Mémoire sera publié *in extenso* dans le *Bulletin* de juin.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur le chauffage et la ventilation, mais M. Soleillet, devant repartir prochainement pour l'Afrique, M. le Président, avec l'assentiment unanime de l'assemblée, lui donne la parole pour une communication sur son récent voyage dans le Sahara.

M. Soleillet expose que le voyage qu'il vient d'accomplir, le quatrième qu'il lui a été donné de faire depuis 1872, a été dominé par la préoccupation constante de trouver des produits naturels du sol permettant d'assurer le commerce avec les régions qu'il est question de doter d'un chemin de fer. Il a découvert l'existence de la houille dans le Djebel Aroun, du salpêtre dans la région d'Aïn-Sala; lors de son voyage au Soudan il a retrouvé

l'arbre à beurre, connu depuis Park, et il a remis des échantillons de beurre végétal à M. Thénard. Ce produit fournit une stéarine fondant à très haute température et susceptible de donner la plus belle et la plus blanche lumière. Ce produit semble appelé à un grand avenir; déjà les Anglais l'utilisent à la trempe de certains aciers, et au graissage des machines à vapeur.

Le dernier voyage de M. Soleillet, interrompu par le pillage qui l'a empêché de parvenir jusqu'à Tombouctou, lui a fourni l'occasion de découvrir une plante, le Fernan, sorte de fucus dont la sève blanche sert aux Maures à remplacer le brai; ce Fernan, incorporé dans le bois avec un fer chaud, donne un excellent calfatage pour les bateaux. M. Soleillet a espéré trouver là un succédané du caoutchouc; il a apporté en France un peu de cette sève, et l'a remise à M. Thénard, qui est parvenu à en extraire très facilement un corps ayant des propriétés analogues à celles du caoutchouc, moins l'élasticité. Peut-être arrivera-t-on, en le débarrassant d'un excès d'huile, à lui donner cette qualité. Ce produit se vulcanise parfaitement, et ressemble assez à la gutta-percha. M. Thénard a pu en extraire une huile et une résine susceptible de s'étendre, par la chaleur, en une laque fort belle et très brillante.

C'est cette découverte que M. Soleillet tenait à faire connaître à la Société des ingénieurs civils.

Son voyage d'Aïn-Sala à Tombouctou a été interrompu par l'accident dont il a parlé; il a pu cependant reconnaître une grande étendue de pays, située entre des dunes, de direction Nord-Sud, recoupée par d'autres allant de l'Est à l'Ouest; entre ces dunes se trouvent des étangs d'eau douce et d'eau salée qui laissent, après l'évaporation de leurs eaux, des prairies naturelles très riches.

Dix mille habitants seulement occupent ce pays, dont le climat est sain, et dont l'étendue est le quart de la surface de la France.

Plus loin on trouve le massif montagneux de l'Adrar, habité par une population Berbère, agricole et commerçante; les Portugais ont entretenu avec ces contrées un commerce important au quinzième siècle.

La population comporte deux classes : celle des guerriers, constamment en lutte les uns contre les autres, et la population paisible, soumise à l'influence prépondérante des marabouts. La grande autorité morale des marabouts est due à leur situation de maîtres d'école; l'influence qu'ils conservent sur tous leurs disciples est considérable; ils sont, en outre, les ministres d'une religion très large et libérale.

Le Cheik Saadou s'est très bien conduit envers M. Soleillet, et notamment lors du pillage de sa caravane. Après le bienveillant accueil qu'il a reçu du Ministre des travaux publics, M. Soleillet se félicite de tenir de l'État, ainsi que les autres chefs de mission, les moyens de poursuivre ses travaux, et se propose d'entretenir ultérieurement la Société du résultat de la nouvelle expédition qu'il compte entreprendre.

M. LE PRÉSIDENT, au nom de la Société, remercie M. Soleillet de son in-

téressante communication et souhaite que le succès couronne ses efforts persévérants.

Avant d'ouvrir la discussion sur les questions générales qui se rattachent au chauffage et à la ventilation, M. le Président donne la parole à M. Périssé qui désire répondre en quelques mots à MM. Coüard et Bourdais. A la dernière séance, ils ont exprimé, tous deux, l'opinion que le système de l'École Monge n'était pas économique.

Pour le démontrer, M. Coüard s'est basé sur une consommation journalière de 2,000 kilogrammes de houille, ou plutôt, sur une consommation de 143 kilogrammes par heure, répartissant les 2,000 kilogrammes sur 14 heures seulement. Croit-il donc que pendant les 10 heures complémentaires, le chauffage s'arrête et que les pertes de chaleur sont nulles? Au surplus, M. Coüard est parti du seul chiffre contenu dans le Mémoire qui ne soit pas précis, puisque c'est un chiffre calculé pour les jours les plus rigoureux du mois de décembre 1879.

En matière de chauffage et de ventilation, M. Périssé ne peut ajouter foi qu'à des chiffres constatés pendant une période suffisamment longue comme le sont ceux qu'il a donnés dans son Mémoire. On brûle, à l'École Monge, 5,000 à 6,000 kilogrammes de houille pour maintenir pendant les sept à huit mois de chauffage annuel, mille mètres cubes de locaux, à la température moyenne de 14°,5. Voilà des chiffres exacts, indiscutables. Ils conduisent à une consommation par heure bien inférieure à celle que M.Coüard a introduite dans ses calculs comparatifs. Les conclusions qu'il a tirées sont ainsi complètement renversées.

Quant à M. Bourdais, il n'a apporté aucune preuve, aucun chiffre de consommation à l'appui de son opinion; ce serait cependant le seul moyen efficace de démonstration.

M. Périssé persiste donc dans son opinion : il pense que le système de chauffage de l'École Monge est très économique, car il ne faut pas perdre de vue qu'il est accompagné d'un système de ventilation, alors que dans la plupart des installations, il n'en existe pas.

Le rènouvellement de l'air, dans les installations ordinaires, est donc moins grand et on devrait, par suite, y trouver une dépense de combustible plus faible qu'à l'École Monge. Or c'est le contraire qui a lieu, du moins il est permis de le penser jusqu'à ce que des chiffres nouveaux soient produits.

En ce qui concerne les températures, elles ont été relevées à plusieurs reprises en différents points de la salle et à différentes hauteurs depuis le parquet jusqu'à 1m,50 au-dessus. La température peut être considérée comme très sensiblement la même sur la hauteur de 1m,50 pour tous les points de la salle, et si elle est plus basse du côté des fenêtres, M. Périssé se l'explique plus facilement par le rayonnement extérieur que par les courants descendants dont a parlé M. Bourdais et qui semblent être en opposition avec les principes posés par Péclet, le regretté maître dont l'autorité a été si justement invoquée.

M. Bourdais a critiqué aussi les tubes à ailettes pour le chauffage

de l'air ; mais ces ailettes ne chauffent pas l'air par rayonnement, comme il paraît le croire ; elles le chauffent par contact, par convexion, et comme elles n'ont que 0,04 de saillie, M. Périssé pense qu'elles augmentent d'une façon utile la surface de chauffe. Il ne voit donc pas la portée des critiques qui ont été faites.

Au sujet de la ventilation, M. Périssé a donné dans son Mémoire une description complète, avec l'indication des sections, des hauteurs et des températures ; il n'a pas donné des chiffres de vitesse de l'air, parce qu'il n'a pas été à même de pouvoir les mesurer exactement. Mais, avec les données ci-dessus, on peut se rendre compte, dans une certaine mesure, des conditions de la ventilation.

L'administration de l'École Monge, depuis l'origine, s'est particulièrement préoccupée de la ventilation dans les dortoirs, locaux qui ne peuvent être ouverts pendant dix heures consécutives, tandis que dans les classes les fenêtres sont ouvertes ou peuvent l'être toutes les deux heures. Voici les chiffres constatés dans les dortoirs, qui contiennent chacun trente lits avec une capacité de 784 mètres cubes, correspondant à 26 mètres cubes par élève.

Devant la bouche de ventilation qui a $0^m,20$ sur $0^m,10$ dans chaque box, un anémomètre Neuman a permis de conclure que 25 à 30 mètres cubes d'air passaient toutes les heures par la susdite bouche du dortoir. Le nombre des élèves étant le même que le nombre de ces bouches, on arrive ainsi à un renouvellement d'air de 25 à 30 mètres cubes par élève et par heure ; autrement dit, l'air du dortoir se renouvelle entièrement en moins d'une heure.

L'administration de l'École Monge a fait la comparaison de son système de chauffage et de ventilation avec celui qui est installé dans des établissements assez récents servant à l'instruction, et elle n'a pas hésité à adopter pour les nouveaux bâtiments à construire, le système à eau chaude établi dans les premières constructions.

M. Couard répond à ce qui vient d'être dit par M. Périssé en citant quelques chiffres qui lui ont été officiellement donnés à l'École Monge.

M. le Président donne la parole à M. Émile Trélat :

Messieurs,

Notre honorable Président m'a invité a généraliser et à tenter d'approfondir devant vous la question du chauffage et de la ventilation, à propos de l'intéressante communication que M. Périssé nous a faite sur le chauffage de l'École Monge.

Je me rends avec d'autant plus d'empressement à son invitation que je me suis déjà efforcé de poser ici dans sa généralité l'important problème dont il est question[1]. Malheureusement les habiles ingénieurs qui s'occupent de chauffage et de ventilation sont arrêtés par des considérations de réserve

1. Séance du 18 mars 1880.

réciproque, qui les éloignent des discussions, et je crains fort qu'aujourd'hui comme il y a deux ans, nous ne parvenions pas à pénétrer dans les profondeurs du sujet. Je ferai de mon côté tout ce qui dépendra de moi pour qu'il n'en soit pas ainsi.

M. Périssé vous a décrit avec grand soin l'installation et le perfectionnement de l'appareil de chauffage de l'École Monge. Il a fait de nombreuses constatations sur l'effet utile de cet important distributeur de chaleur. Il admet que le chauffage de l'École Monge est très bon et il conclut en faveur du calorifère à eau, qui en assure l'efficacité. Mais il ne parle pas des renouvellements d'air, et n'en juge par conséquent pas la portée.

M. Couard est venu vous dire que ce chauffage est coûteux, qu'il répand inégalement la chaleur, et que la ventilation est insuffisante dans les classes. Il a énoncé, en outre, des idées plus générales déduites d'expériences intéressantes. D'abord celle-ci : quand on fait arriver l'air de ventilation par le haut des croisées on n'obtient que très difficilement une atmosphère inférieure également mélangée, à moins qu'on dépense une très forte action mécanique sur l'air à distribuer. Puis cette autre idée : les bonnes répartitions de chaleur par l'air ne peuvent s'obtenir qu'en introduisant celui-ci à des températures peu élevées.

M. Bourdais s'est trouvé d'accord avec M. Coûard sur le défaut économique et sur l'insuffisance de ventilation des installations de Monge. Mais il le contredit absolument à l'égard des températures d'introduction de l'air de chauffage dans les pièces. M. Bourdais est partisan exclusif des alimentations avec de l'air à haute température. Il trouve que cette pratique est la seule qui aboutisse à l'économie.

M. Tresca vous a dit qu'on ne doit pas apporter d'idées absolues dans les applications si diverses du chauffage et de la ventilation ; que tous les systèmes ont leurs avantages. Il estime que chaque fois que la chaleur doit être portée à de grandes distances horizontales, l'eau doit être préférée comme véhicule à l'air ou à la vapeur, et il en conclut qu'on a bien fait de choisir l'eau pour transporter et distribuer le calorique à Monge. Il pense, d'ailleurs, qu'on peut toujours bien répartir la chaleur dans les pièces avec de l'air, et qu'il importe peu que l'air accède au haut ou au bas des salles. Il suffit que les orifices d'entrée et de sortie soient nombreux et bien répartis les uns par rapport aux autres. M. Tresca ne blâme donc pas le système d'introduction de l'air à l'École Monge, mais il craint que les bouches ne soient pas assez multipliées.

Faut-il, Messieurs, que j'apporte aussi mon opinion dans la discussion soulevée à propos des installations de l'École Monge ? Je ne crois pas que je puisse m'en dispenser, bien que le point de vue que je veuille développer ici s'étende au delà de cette application spéciale.

M. Périssé a dénommé *calorifère à eau* l'appareil de l'École Monge. Il faut s'entendre. Dans les locaux scolaires dont il est question, l'eau n'est employée que pour transporter la chaleur du lieu de génération au voisinage des pièces où elle sera dépensée. A cet endroit, elle cède sa chaleur

à l'air qui en opère la distribution dans les salles. Le rôle de l'eau est ici réduit à la plus grande simplicité : effectuer un transport de calories à distance. Dans ma communication du 15 mars 1878, j'ai démontré que cette fonction spéciale est onéreuse comme les chiffres 100, 10 et 1, selon qu'on y utilise l'air, l'eau ou la vapeur. C'est donc à la vapeur qu'il fallait recourir à Monge. On a bien fait de répudier l'air comme transporteur de chaleur. Mais on a eu tort de ne pas répudier l'eau. Me voilà de ce chef en désaccord avec M. Tresca et M. Périssé. Mais ce désaccord s'accentue quand, à la dépense inutilement consentie, j'ajoute l'encombrement et le poids des conduites d'eau si larges et si lourdes relativement à celles de la vapeur; il s'accentue encore quand je songe à la chaleur emmagasinée dans l'appareil de circulation, à la paresse que celui-ci met à s'en débarrasser et à la gêne insupportable qui en résulte pour les personnes, lorsque l'atmosphère extérieure s'adoucit promptement au milieu des journées ensoleillées du commencement et de la fin de l'hiver.

Il y a, Messieurs, un second point qui me sépare de M. Tresca. Ici, l'écart est énorme. M. Tresca nous a montré sa quiétude parfaite à l'égard des répartitions régulières des calories quand on les amène par de l'air chauffé dans une pièce contenant des agglomérations de personnes. Non seulement je ne partage pas sa confiance, mais je nie que le problème qu'il se pose soit soluble. Je dis même que l'expérience est faite, et que, dans une capacité vaste contenant des individus pressés, on n'est encore jamais parvenu à constituer avec des courants d'air chaud un équilibre stable de température égale en tous les points. J'insiste, et je fais remarquer que ces insuccès ont bravé l'habileté, la science et les soins les plus consommés. Que M. Tresca s'interroge. Personne n'a suivi de plus près que lui ces applications; personne ne les a servies par des conseils plus attentifs et plus scrupuleux. Où sont les résultats qu'il puisse opposer à mon affirmation? Il n'y en a pas. Les températures sont toujours mal réparties, mal assurées, fatigantes ou, au moins, gênantes par leurs écarts et leurs inégalités. Quelque soin qu'on y apporte, l'air élevé à une température suffisante pour chauffer une capacité semblable à celles que je viens de décrire, voyage avec incertitude entre les bouches d'arrivée et celles de sortie, et constitue toujours une atmosphère mal mélangée.

Cela me permet de répondre d'un mot à une allégation de M. Bourdais, que je considère comme erronée. M. Bourdais pense que la meilleure manière de chauffer une salle avec de l'air chaud, c'est d'élever celui-ci à la plus haute température supportable. Il arrivera ainsi à rendre impossible le mélange qui assurerait la régularité de température intérieure. L'opération est d'autant plus difficile que la différence entre les températures de l'air d'arrivée et celle qu'on veut obtenir dans le vaisseau est plus grande. Mélanger dans une certaine capacité de l'air arrivant à 100° par des orifices relativement restreints avec l'air du milieu qui n'aurait que 10°, serait une opération aussi laborieuse que de mélanger de l'huile et de l'eau. Je sais bien que M. Bourdais fait reposer l'autorité de son précepte

sur la simple visée de réduire au minimum la dépense du chauffage. Je le prie de vouloir bien considérer trois choses. La première, c'est que, dépensât-il peu, les résultats hygiéniques seraient si médiocres que la plupart du temps, il vaudrait mieux n'avoir rien dépensé. La seconde, c'est que dès qu'on chauffe une capacité avec de l'air, on lie à cette opération celle de l'aérage, et celui-ci d'air impose un tel mouvement atmosphérique dans les agglomérations, que chaque unité gazeuse introduite n'a pas besoin, pour échauffer la pièce, d'être élevée à une forte température. La troisième, c'est que, sous peine de troubler les idées, il faut se garder d'introduire ici les considérations économiques en même temps que les considérations physiques, mécaniques et hygiéniques. Nous cherchons les bonnes solutions techniques. Trouvons-les d'abord. Nous verrons ensuite ce qu'elles coûteront. Je ne les crois pas dispendieuses. Mais le fussent-elles, nous devrions nous estimer heureux de les connaître. D'ailleurs, ne voyons-nous pas que dans toutes les applications chaque progrès réel est un accroissement de dépense. La vie moderne est plus aisée que la vie d'autrefois. Elle dépense plus pour s'entretenir. C'est pour cela qu'elle est plus longue et mieux soignée. C'est la loi.

Vous voyez, Messieurs, où nous a conduits la simple étude du chauffage de l'École Monge que nous a présentée M. Périssé.

Nous sommes tous divisés. Les uns parlent de chauffage, les autres de ventilation; les uns de physique, les autres d'économie. Chacun a sa solution déduite de son point de vue partiel. Mais on ne s'entend pas. Je crois la question mal posée; et je la crois mal posée, parce qu'on n'en regarde pas l'ensemble. Si l'on s'élevait à cette vue, on découvrirait des principes généraux et des guides; des indications fondamentales et une méthode pour transiger avec les faits dans les applications. Le problème posé, est simple dans son but et plus ou moins complexe en ses moyens, suivant les circonstances. Il s'agit de maintenir la *salubrité* dans nos habitations quand l'intempérie, l'inclémence des saisons ou la dureté des climats nous forcent à nous y enfermer en plus ou moins grand nombre et dans des espaces plus ou moins étendus. Je suis malade, Messieurs, et je n'aurais pas la force d'exposer avec ordre ce soir les données diverses qui définissent la question. Permettez-moi de vous lire quelques pages qui les résument[1] :

« On peut dire que lorsque le territoire public d'une ville est bien aménagé pour l'hygiène, c'est-à-dire lorsque toutes les causes d'insalubrité résultant de l'agglomération y ont été réduites au minimum, l'habitant qui s'enferme dans sa maison vit dans une atmosphère inférieure en qualité à celle qui enveloppe les habitations. C'est la conséquence immédiate du contact d'une quantité d'air limitée avec celui ou ceux qui en usent sans interruption. Le capitaine Douglas-Galton a fait à cet égard un rapproche-

1. Discours de M. Émile Trélat en prenant le fauteuil de la Présidence de la « Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle. »

ment fort instructif. Il a noté que la vitesse du déplacement naturel de l'air autour de nous est en moyenne de 5 mètres par seconde environ et qu'elle descend rarement au-dessous de 1m,80. Si vous supposez qu'un homme soit placé au milieu de ce mouvement d'air minime, la face qu'il opposera au courant atmosphérique, quelle que soit sa position, sera de 1 mètre carré environ. Après une heure (3600 secondes), il aura donc reçu sur son corps l'action bienfaisante de $1^{mc} \times 3600'' \times 1^{m},80 = 5580$ mètres cubes d'air neuf. J'ajouterai que c'est absolument la condition dans laquelle vous mettez le convalescent auquel vous dites par un beau temps, bien calme, de faire une promenade de 5 bons kilomètres, entre ses deux repas.

« Votre homme rentre à la maison. Les fenêtres sont fermées. Le foyer bien garni rayonne sa belle chaleur rouge. La cheminée tire bien. Quelle est la condition nouvelle faite à l'hôte du lieu? Il recevra pendant son heure 200 à 250 mètres cubes d'air neuf. Ah! que vous avez bien fait de l'envoyer se promener! Car voilà qu'entre ses quatre murs, sa part d'atmosphère est réduite à moins du vingtième de ce qu'elle était dehors. Remarquez-le, Messieurs, l'exemple que je vous présente est celui d'une vie luxueuse, et le moment que je choisis est particulièrement favorable. Supposez qu'auprès d'elle, la personne que nous suivons ait dans sa chambre un, deux, quatre, dix amis. Chacun ne disposera plus que de 175, 83, 50, 25 mètres cubes d'air neuf pendant chaque heure; soit, pour le dernier cas, deux cents fois moins qu'en plein air.

« Mais le tableau que je vous présente est encore beaucoup trop beau, relativement à la réalité moyenne. Nous vivons au milieu des *caloriféres à air chaud;* et l'air qui nous environne dans nos intérieurs y arrive chargé de poussières douteuses, empruntées aux longs canaux sombres qu'il parcourt avant de nous joindre. Il ne faut pas croire qu'il soit en qualité l'égal de ce qu'il est de l'autre côté de notre vitre. Je ne puis m'empêcher de m'arrêter ici quelques instants; car nous sommes engagés dans une mauvaise voie depuis une quarantaine d'années en ce qui concerne les aérages de nos appartements. Il faut avoir le courage de le constater. C'est vous, messieurs les physiologistes, permettez-moi de le dire, qui avez jadis été les premiers coupables. Vous nous avez appris qu'un homme absmait dans une heure 5 *mètres cubes d'air par la respiration pulmonaire et cutanée.* Vous nous avez dit qu'en en fournissant 10, les choses seraient très bien faites. Nous nous sommes appliqués, depuis bien longtemps, à vous faire des appareils répandant dans les lieux habités des quantités d'air correctement mesurées. Nous avons usé de nombreux anémomètres pour vous en donner la preuve. Mais vous n'étiez pas contents, parce que nous ne faisions pas grand'chose de bon. Alors nous avons doublé, quadruplé, décuplé, vingtuplé nos quantités d'air horaires. Nous y avons perdu notre science et nos soins. Nos bienfaits n'ont jamais été reconnus. Il y avait bien quelque raison pour cela. Nos 200 mètres cubes sont loin du minimum de 5500 mètres cubes que nous recueillons en plein air. Il faut

écouter le précepte simple et précis de miss Nightingale. Il faut ouvrir ses fenêtres le plus souvent et le plus longtemps possible. Je voudrais montrer par un chiffre l'étendue des conséquences de cette petite opération. Considérons une pièce pourvue de deux fenêtres percées dans deux murs opposés. Chacune des fenêtres présente une section de deux mètres carrés. Elles sont ouvertes et l'air est en mouvement naturel sous la vitesse imperceptible de 0m,50 par seconde. Après une heure, il sera passé par la salle une quantité d'air neuf égale à $2^{mq} \times 0^{m},50 \times 3600'' = 3600$ mètres cubes. Si l'une des fenêtres seulement avait été ouverte, il ne serait plus passé que 1000 à 1200 mètres cubes. Le bénéfice n'est-il pas encore saisissant et propre à fixer les idées sur les prodigieuses ressources que nous avons sous la main pour compléter les petits moyens de nos appareils d'intérieur?

« Nous habitons des latitudes qui nous forcent à nous *enfermer* pendant de longues heures chaque jour, au moins sept mois sur douze. Non seulement il faut nous enfermer; mais il faut entretenir autour de nous une température artificielle. Comment le ferons-nous? Fabriquerons-nous de la *chaleur sombre* ou de la *chaleur lumineuse?* Aurons-nous des calorifères à air, à eau, à vapeur ou des cheminées à feu direct? Écoutez, je vous en prie, cette *jolie déduction* de M. Douglas-Galton, que je suis heureux de nommer une seconde fois ce soir.

« Voici deux chambres d'égale capacité, dont l'air est maintenu à la même douce température. L'une est chauffée par le foyer lumineux d'une bonne cheminée. L'autre est chauffée par des surfaces chaudes, mais sombres. Comparons. Les *rayons calorifiques du foyer lumineux, rayons à longue portée*, traversent vivement l'air qu'ils n'échauffent pas à cause de sa très pauvre capacité pour la chaleur; mais ils gagnent les meubles, le parquet et les murs, dont ils élèvent promptement la température et qu'ils entretiennent ensuite. Ceux-ci dépensent lentement leur chaleur à chauffer l'air réfractaire. Conséquence : *dans une pièce chauffée par la chaleur lumineuse les murs, le parquet, les meubles sont plus chauds que l'air.* Dans de pareilles conditions, les objets qui nous entourent rayonnent de la chaleur sur notre corps et nous pouvons supporter de l'air à température moins élevée, plus douce et plus favorable à la respiration. — Passons à l'autre chambre. La chaleur s'échappe paresseusement des tuyaux ou des appareils métalliques qui la contiennent. Le calorique dépourvu de portée se dépense lentement dans l'air que les appareils mettent en voyage autour d'eux. Puis, après un long temps, l'air chauffé échauffe de seconde main les murs et tout l'attirail de la pièce. Mais ne voyez-vous pas que ces actions successives impliquent la supériorité permanente de la température de l'air sur celle des parois et des meubles? Conséquence : *si l'air est entretenu à une chaleur convenable pour le corps, celui-ci souffrira du rayonnement refroidissant des murs, moins chauds que l'air.* Pour combattre ce mal, il faudra relever la température de l'air, c'est-à-dire diminuer sa densité et sa capacité vivifiante. Le bien-être du corps sera d'ailleurs, dans

cette seconde pièce, notablement inférieur à celui que fournissait la première.

« De tout cela vous n'hésitez pas à conclure, j'en ai la certitude ; et vous vous dites que vos appartements auront d'amples cheminées pour vous chauffer quand vous serez enfermés chez vous, et pour y compléter l'aérage que vous aurez demandé à vos croisées ouvertes. Malheureusement les choses ne vont pas aussi simplement dans la réalité. Cette solution n'est efficace qu'à la condition que les foyers soient proportionnés à la capacité des pièces. Mais alors elle devient coûteuse. Et c'est ce qui fait que nous serons encore longtemps forcés de transiger avec les surfaces de rayonnement sombre pour nous chauffer, ou avec les calorifères à air chaud. Il faudra cependant distinguer entre ces deux procédés et constater l'avantage du premier sur le second. Celui-ci fait un aérage tributaire du chauffage ; ce qui rend impossible le règlement supportable de l'appareil. On ne peut ni diminuer, ni augmenter à volonté le chauffage, sans corriger dans le même sens la ventilation, et réciproquement. De plus, ce sont surtout les calorifères à air chaud qui font faire à l'air de longs voyages dans des canaux sombres et qui le chargent ainsi de poussières ou de gaz insalubres.

« L'aérage et le chauffage sont des problèmes dont les difficultés croissent encore, quand ils doivent s'appliquer à des localités où se réunissent les foules. Ici, le choix des moyens est plus borné. *Dans la presque-totalité des applications la place entièrement prise par les personnes est refusée aux foyers lumineux.* On est réduit à des circulations d'air chaud. D'un autre côté la chaleur vitale des occupants est un facteur direct du chauffage. Avec des ressources limitées et des difficultés accrues, le succès ne peut être obtenu que par la *puissance des appareils et la régularité de leur marche.* Nous faisons tous les jours mieux dans cette voie; et bien que nos applications aient été trop souvent insuffisantes, nous comptons des victoires, qui sont faites pour rassurer. L'Opéra de Vienne, en Autriche, nous en montre une. L'instrument qui y pourvoit est d'une singulière élasticité, grâce à sa force. De vastes capacités inférieures, qui peuvent être maintenues à des températures variables, sont commandées par de vigoureuses machines, qui y compriment l'air. Celui-ci est distribué dans toutes les parties de la salle en se détendant dans les conduits qui augmentent ou réduisent leur débit, selon les besoins du point où ils aboutissent. Cette opération compliquée est réglée avec une parfaite précision par une direction unique. Chacun des nombreux thermomètres distribués dans la salle communique avec un indicateur fixé dans le réduit du commandement et dans l'ordre de sa place réelle. Si bien que le chef de marche a sous les yeux l'ensemble des températures locales de la salle. En suite de ce renseignement, il modère ou active les distributions par voie télégraphique dans la chambre d'air comprimé. »

Ces généralités établies, voulez-vous, Messieurs, que nous revenions à l'École Monge. Il ne conviendrait à personne ici de diminuer cet établisse-

ment déjà placé si haut par ses résultats et par la généreuse initiative qui lui a fait ouvrir la voie des réformes dans notre enseignement secondaire. Mais ce n'est pas le diminuer que de désigner l'installation, luxueuse d'ailleurs, de ses appareils de chauffage, comme une médiocre combinaison, ni meilleure ni pire que la plupart des installations des grands établissements. C'est être sage et se tenir aussi loin des sévérités injustes et des louanges imméritées que de parler ainsi.

Qu'est-ce qu'il fallait faire pour fixer dans les classes les meilleures conditions de salubrité? Je parle des classes, parce que c'est ici le seul point délicat du problème. Notons d'abord ceci : c'est que la réduction du personnel des salles à trente enfants a été une conquête de premier ordre dont il faut louer l'école. Supprimer le nombre et l'encombrement, c'est préparer la santé dans nos institutions. Il en est de même de la grande surface et du grand cube permanent dont chaque enfant dispose dans sa salle. Il bénéficie de $1^{m2},75$ et de $7^{m3},75$. Dans ces conditions l'aérage et le chauffage deviennent choses très simples et qui n'exigent pas l'encombrement des lourds appareils à eau. Il fallait d'abord assurer le renouvellement méthodique et continu de l'atmosphère des salles pendant les récréations, à l'aide de courants naturels par les baies opposées. C'est le seul moyen de parer à l'action miasmatique des écoliers sur les murs et les matériaux des classes. Cela se peut encore faire si les baies sont bien percées et proportionnées, Après que l'étude aura été longuement traversée et lavée par des courants naturels, on sera donc assuré qu'en y rentrant les élèves y trouveront des murs sains et une atmosphère pure. Il suffira, dès lors, de renouveler deux ou trois fois l'air de la pièce dans la période du travail. Pendant les temps doux, ce sera l'affaire de communications avec l'air libre pratiquées dans les flancs opposés de la salle. Pendant les saisons rigoureuses, l'installation complémentaire utile sera très simple ; cette simplicité étant la vertu des locaux peu étendus. Le moindre poêle avec appel d'air extérieur et cheminée d'évacuation y suffit parfaitement. Et si la précaution de placer l'alimentation du combustible hors des classes est estimée encombrante, on empruntera la chaleur à un foyer unique et on la distribuera à l'aide de la vapeur. Voilà la salubrité des classes assurée en toutes saisons.

Voulons-nous sortir de cette application spéciale et parler plus généralement? Il faut alors se contenter d'émettre aujourd'hui quelques indications précises.

On a vu combien il est nécessaire de mettre le plus souvent et le plus largement possible les lieux habités en communication avec l'atmosphère extérieure, qui constitue toujours dans une contrée saine, la réserve permanente de la salubrité intérieure. On a vu combien il est désirable de procurer la température convenable des lieux habités pendant les saisons rigoureuses, en maintenant les parois des pièces à des températures plus élevées que l'air qu'elles enclosent. L'ouverture fréquente de fenêtres bien disposées et les feux découverts atteignent ce double but dans les salles de capacités restreintes. Mais ils deviennent insuffisants quand les locaux

s'étendent, quand les habitants s'y pressent, quand les lumières artificielles interviennent. Toutes les précautions doivent être prises pour s'approcher au plus près des avantages qu'on vient de signaler. Nos installations habituelles ne le font pas. Elles y contredisent à chaque instant au détriment de la santé générale. J'énonce, pour conclure, quelques indications qui fixent ma pensée.

L'air introduit dans les habitations doit être pris au plus près dans l'atmosphère libre. Il ne doit jamais parcourir de conduits sombres avant d'accéder aux lieux d'habitation, Il doit être introduit à une température inférieure à celle du milieu où il doit être consommé.

Le chauffage des pièces ne doit jamais se faire avec de l'air, où du moins avec l'air qui sera respiré.

Il faut l'opérer par les parois qui doivent, à la saison des chauffages, être maintenues à des températures plus élevées que celle de l'atmosphère intérieure.

Dans les grandes salles occupées par un nombreux personnel, il faut viser à supprimer au plus tôt les éclairages calorifiques.

M. Tresca répond qu'il ne voit plus aucun point de dissidence entre lui et M. Trélat. Au point de vue abstrait, auquel par la nature de son esprit M. Trélat est enclin, il a absolument raison. Toute son argumentation repose cependant sur des prémisses qu'il serait peut-être bon de discuter. M. Douglas-Galton évalue de un à cinq mètres cubes par seconde la quantité d'air que reçoit le corps humain en plein air. Est-il bien sûr de ce chiffre?

M. Tresca concède volontiers que plus on pourra donner d'air, mieux cela vaudra. Ouvrir les fenêtres, se passer même le plus possible de chauffage, ce serait pour le mieux. Mais dans l'état actuel des choses, on ne peut étudier sérieusement un projet d'ingénieur en faisant abstraction de la question économique.

Depuis quarante ans, on a bien perfectionné la ventilation; les orifices d'entrée et de sortie d'air s'agrandissent de plus en plus dans les nouveaux projets. Mais la dépense journalière, pas plus que la dépense de premier établissement, ne saurait être négligée. Si on peut se chauffer auprès d'une bonne cheminée, on est fort bien assurément, mais cela coûte cher; le rendement est très mauvais. La chaleur moins lumineuse, mais infiniment plus économique d'un bon calorifère est appelée à rendre les plus grands services dans une foule de cas.

Moins pessimiste que M. Trélat, M. Tresca pense qu'on a beaucoup fait depuis Péclet, qu'on doit beaucoup au regretté général Morin. On fera peut-être encore mieux dans l'avenir; mais, pour le moment, il faut appliquer les solutions du moment, tout en les perfectionnant de plus en plus. Le progrès n'est pas niable, mais il se réalise peu à peu. Ainsi le chauffage à travers des parois en terre réfractaire est un progrès sur le chauffage par des parois métalliques. M. Tresca a conservé le meilleur souvenir de la visite qu'il eut le plaisir de faire avec M. Trélat, de l'Opéra de Vienne, qui est sans conteste l'édifice le mieux chauffé et le mieux ventilé qu'on puisse

citer. Mais en regard du résultat obtenu, il faut mettre la complication de l'installation, la surveillance constante, l'attention journalière, assidue de celui qui a exécuté le travail d'installation et qui préside sans relâche ni repos à son bon fonctionnement. M. Trélat a dit qu'il faudrait traiter séparément ces questions de chauffage et de ventilation comme ressortant d'une seule grande question d'hygiène, de salubrité. Mais on ne peut séparer ces questions. Le chauffage et la ventilation sont forcément connexes; y a-t-il intérêt, dès lors, à les obtenir d'appareils séparés?

En résumé, les vues de M. Trélat ne sont pas éloignées de celles de M. Tresca, sauf que M. Trélat semble très en avance sur son siècle et que M. Tresca semble, dès lors, en retard sur lui.

M. Émile Trélat ne voit pas que l'accord entre lui et M. Tresca soit aussi complet que ce dernier veut bien le dire. Les opinions restent différentes sur presque tous les points.

Pourquoi M. Tresca doute-t-il des chiffres présentés par M. Douglas-Galton sur les mouvements de l'atmosphère? Il en trouvera les analogues dans tous les annuaires scientifiques.

Pourquoi M. Tresca reproche-t-il à M. Émile Trélat d'être trop abstrait? M. Trélat n'a pas fait d'abstraction ce soir. Il a fait des généralisations. C'est sans doute ce que M. Tresca a voulu dire. Mais les généralisations sont indispensables pour guider la pratique. Sur ce point, les contradicteurs devraient tomber d'accord.

Le point qui les sépare, c'est l'appréciation des bienfaits produits par les installations de chauffage et de ventilation. Contrairement à M. Tresca, M. Émile Trélat reste convaincu que le public et les architectes ne sont pas contents; qu'ils se plaignent; que les salles comme celles-ci ne sont ni agréables à habiter, ni salubres; qu'il faut s'en préoccuper et travailler pour faire mieux. Travaillons donc et d'abord discutons ici pour faire l'accord sur la marche à suivre.

M. le Président dit qu'il a longtemps habité des pays très froids, où la question de ventilation et surtout celle de chauffage sont forcément plus étudiées que chez nous; mais on y consacre aussi plus d'argent comme installation et comme entretien. A Vienne, on se dispose à dépenser un million et demi pour le chauffage et la ventilation du parlement, dont l'exécution est confiée au docteur Böhm, l'auteur du système appliqué à l'Opéra de cette ville. Le même auteur a également été appelé à chauffer et ventiler la nouvelle Bourse et le nouvel Hôtel de Ville de Vienne. Il y aurait là à puiser de très utiles renseignements

M. Herscher se propose de faire connaître à la Société quelques résultats pratiques sur le même sujet; mais, en raison de l'heure avancée, il demande que la suite de cette discussion soit renvoyée à une autre séance.

M. le Président fait observer que les ordres du jour des deux séances de juillet sont déjà en partie arrêtés; dans celle du 2 juillet, on doit traiter la question très importante des freins continus, pour laquelle des invita-

tions ont déjà été faites à certains de nos Collègues anglais spécialement compétents; la séance du 16 juillet sera en grande partie consacrée à une communication de M. Raoul Pictet sur la chaleur et la théorie générale des machines frigorifiques. Il serait donc impossible de continuer la discussion sur la question de la ventilation et du chauffage dans les prochaines séances, et d'ailleurs M. le Président s'est mis d'accord avec M. Herscher pour que ce Collègue présente, sous forme d'une communication écrite, les résultats pratiques très intéressants qu'il veut faire connaître à la Société. Cette communication exigera quelque temps pour être préparée, et ce n'est qu'alors qu'on pourra reprendre avec fruit la discussion générale soulevée par M. Émile Trélat, que M. le Président remercie au nom de la Société.

La séance est levée à onze heures.

MM. Bouscaren, Demolon, Germain (Paul), Girard (Armand), Guary, ont été reçus Membres sociétaires, et M. Germain (Henri), Membre associé.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Résistance du fer aux températures élevées. — Poinçonnage du fer. — Résistances propres des machines à vapeur et des transmissions d'atelier. — Anciennes machines Compound pour bateaux. — Emploi de l'injecteur pour les presses hydrauliques. — Locomotive américaine à grande vitesse. — Locomotives Compound en Allemagne.

Résistance du fer aux températures élevées. — M. Kollmann a fait, en 1877-78 aux forges d'Oberhausen, une série d'expériences sur la résistance du fer et de l'acier aux températures élevées. Il a opéré sur du fer à nerf, du fer à grain et de l'acier Bessemer, les échantillons étant pris dans les produits courants de l'usine. On a employé dans les essais deux machines, l'une à pression hydraulique, l'autre à charge directe par des poids; pour la première les pièces d'essais avaient 13 millimètres de diamètre ou de côté, pour la seconde 10 millimètres sur 10.

On chauffait, dans un feu de coke ou dans une forge volante, les pièces au nombre de deux pour chaque essai; l'une pour subir l'épreuve, l'autre pour trouver la température au moyen d'un calorimètre à eau d'un système particulier. La température finale de la pièce rompue était quelquefois déterminée de la même manière, toutefois, le plus souvent, on s'est contenté de l'évaluer au moyen du temps écoulé et d'une table dressée avec des expériences spéciales. Les essais ont été faits à des températures variant de 20 à 1,080 degrés centigrades et on en a résumé les résultats comparatifs dans le tableau ci-dessous où la résistance à 0° est pris pour unité.

TEMPÉRATURES.	RÉSISTANCES COMPARATIVES.		
	FER A NERF.	FER A GRAIN.	ACIER BESSEMER.
0	100	100	100
100	100	100	100
200	95	100	100
300	90	97	94
500	38	44	34
700	16	23	18
900	6	12	9
1000	4	7	7

La résistance du fer à la compression, à la température du laminage a été évaluée au moyen d'une charge agissant par l'intermédiaire d'un levier sur

le cylindre supérieur du laminoir, ou au moyen d'un ressort en spirale placé entre le coussinet supérieur et la vis de serrage.

Les résultats ne peuvent être mis sous forme de tableau parce que les valeurs varient avec les diamètres des cylindres et l'épanouissement du métal dans les cannelures. A la chaleur blanche le fer est si mou qu'on ne peut constater aucune résistance appréciable. Il en est de même, bien qu'à un moindre degré, pour l'acier.

(*Bulletin de l'Association pour favoriser l'industrie allemande*).

Poinçonnage du fer. — A la suite des expériences de M. Tresca sur l'écoulement des solides et de MM. Hoopes, Townsend et Thurston sur le poinçonnage à froid, le professeur Keller a fait une série d'expériences à la fabrique de machines de Carlsruhe. Les pièces après avoir subi le poinçonnage, étaient coupées puis les surfaces traitées avec une solution de chlorure de platine dans l'eau à raison d'une partie de chlorure pour 250 à 300 parties d'eau en volume. L'emploi de cette solution fait ressortir les lignes d'écoulement en brun sur fond gris brillant; on passe ensuite une couche d'huile animale non acide.

L'opération du poinçonnnage se divise en deux périodes bien distinctes. Dans la première, il se produit d'abord une dépression à la partie supérieure de la pièce, la matière déplacée se porte à la partie inférieure de telle sorte que les côtés d'abord verticaux et parallèles se trouvent inclinés l'un vers l'autre. A mesure que le poinçon avance, la matière se dirige vers le point de moindre résistance qui est l'ouverture du support inférieur, et il s'y forme une sorte de bouton dont la hauteur toutefois est bien inférieure à la quantité dont a pénétré le poinçon, ce qui fait voir que la matière est comprimée ou qu'elle a été refoulée latéralement dans le corps de la pièce.

Pour éclaircir ce point, M. Keller a fait une série d'expériences de densité et il a trouvé que le poids spécifique de la débouchure était un peu inférieur à celui de la pièce poinçonnée. Ce fait avait été observé par MM. Hoopes et Townsend, mais ils l'avaient attribué à des erreurs d'observation.

Si on coupe la débouchure en tranches, on trouve que la densité croît en allant vers la partie supérieure, on en conclut que l'écoulement de la matière a lieu du dessous du poinçon dans le corps de la pièce.

Dans la seconde période qui est celle du cisaillement, la résistance est moindre, il n'y a plus de compression et la débouchure sort à proportion de la descente du poinçon jusqu'à séparation complète.

En égalant la résistance à la compression à la fin de la première période à la résistance au cisaillement au commencement de la seconde, l'auteur arrive pour le fer à la formule ci-dessous

$$C = \frac{\delta^2}{1.15}\left(1 - 1.3\frac{D}{\delta} + 0{,}42\left(\frac{D}{\delta}\right)^2\right)$$

dans laquelle C est la compression totale apparente, D le diamètre du poinçon, δ l'épaisseur de la plaque.

On voit que pour $C = 0\ \frac{D}{\delta} = 1.54$, il n'y a donc pas de compression lorsqu'on a $D > 1.54\ \delta$, dans ce cas le cisaillement commence de suite.

L'auteur a cherché le travail dépensé pour le poinçonnage. Ce travail, rapporté au millimètre carré de surface cylindrique du trou est

$$a = 0.04\ \delta \left(1 - 0,21 \left(\frac{D}{\delta}\right)^2\right) \text{ pour } \frac{D}{\delta} < 1.54$$

et

$$a = 0,02\ \delta \left(1 - 0,21 \left(\frac{D}{\delta}\right)^2\right) \text{ pour } \frac{D}{\delta} > 1.54$$

Ces résultats concordent sensiblement avec ceux qui sont donnés par la formule empirique de Hartig

$$a = 0,25 + 0,0145\ \delta.$$

(*Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche*).

Résistances propres des machines à vapeur et des transmissions d'atelier. — M. Isherwood, ingenieur en chef de la marine des États-Unis, a fait dans les ateliers de l'arsenal de New-York, une série d'expériences sur les résistances propres de la machine et des transmissions de ces ateliers, dans le but, principalement, de rechercher l'influence de la vitesse sur ces résistances.

La machine motrice est horizontale, à un seul cylindre, à action directe, sans condensation. Diamètre $0^m,540$, course 1,020, le nombre de tours normal est de 58. Le volant a $4^m,575$ de diamètre et la jante 0,230 de largeur; l'arbre porte également une poulie de 2,135 de diamètre qui par une courroie de 18,30 de long et 0,765 de large commande les lignes d'arbres des ateliers.

Les résistances propres, tant de la machine que des transmissions, se composent des frottements des pièces entre elles et de la résistance de l'air, cette dernière se divisant en résistance directe de l'air et frottement des pièces mobiles dans l'air.

On voit de suite que, pour la machine dont les pièces sont lourdes et la vitesse modérée, les frottements directs ont plus d'importance relative que pour les transmissions dont les pièces sont légères et se meuvent à une grande vitesse; pour ces dernières la résistance de l'air est l'élément le plus considérable.

On procédait au moyen d'indicateurs montés sur les deux extrémités du cylindre, on relevait 5 diagrammes sur chacune pour chaque degré de vitesse en faisant marcher ou la machine seule ou la machine avec les transmissions. Le graissage était effectué avec la même matière et dans des conditions aussi identiques que possible. Voici les résultats obtenus pour des vitesses variant par 10 tours.

NOMBRE DE TOURS par minute.	TRAVAIL EN CHEVAUX ABSORBÉ PAR LES RÉSISTANCES		
	DE LA MACHINE.	DES TRANSMISSIONS.	TOTALE.
20	2.482	3.188	5.670
30	3.723	5.045	8.768
40	4.965	7.339	12.304
50	6.206	10.362	16.568
60	7.447	14.388	21.835
70	8.688	19.612	28.300

M. Isherwood termine par les observations suivantes :

Les diagrammes ayant une aire donnée réprésentant le travail absorbé par la résistance propre de la machine, et cette aire étant à peu près constante pour la même machine et la même vitesse, toute la partie du diagramme supérieure à cette aire sera du travail utile et réalisable, commercialement parlant. Il y a, dès lors, intérêt à augmenter le plus possible l'aire totale et, par suite, la pression de la vapeur; mais, en pratique, il y a une limite imposée par la radiation de la chaleur et par les pertes des joints et fuites des pistons et tiroirs.

Le travail dépensé pour vaincre le frottement se reproduit en chaleur; pendant longtemps on a cru que la chaleur développée par le frottement de deux corps solides était due à l'usure de la matière ou sa désaggrégation; cette idée repose sur ce fait que plus les surfaces sont dures, polies et bien graissées, moins le frottement est considérable; mais elle est réfutée par cet autre fait, longtemps ignoré, que le frottement entre les molécules liquides développe de la chaleur absolument comme avec les solides; or, dans ce cas, il ne se produit aucune usure. En fait, l'usure diminue plutôt qu'elle n'accroît la résistance par frottement.

Lorsqu'on fait frotter deux corps l'un contre l'autre, leurs molécules entrent en vibrations, et c'est leur résistance à ces vibrations que produit le frottement, lequel est directement proportionnel à la pression qui détermine l'entrée en vibration. La chaleur développée est de même proportionnelle à cette pression. La loi du frottement repose donc uniquement sur la proportionnalité aux pressions exercées sur les surfaces en contact; toutes les expériences bien faites l'ont confirmé. En dehors de cela, il n'y a qu'à introduire la vitesse pour obtenir le travail.

L'effet des lubrifiants liquides qui diminuent le frottement des matières entre lesquelles ils sont interposés, est dû à ce que ces liquides entrent plus facilement en vibrations que les solides; ceux-ci ne doivent pas venir en contact, mais ils n'en éprouvent pas moins des vibrations qui leur sont transmises par les molécules du liquide interposé, et la preuve en est qu'à poli, pression et lubrifiant égaux, les diverses matières donnent lieu à des frottements différents, parce que leurs résistances à entrer en vibrations sont elles-mêmes différentes. (*Journal of the Franklin Institute.*)

Anciennes machines Compound pour bateaux. — Nous croyons intéressant de donner quelques renseignements sur des applications faites anciennement, en France, de machines à deux cylindres à des bateaux de rivières. Ces renseignements sont extraits d'un ouvrage peu connu, intitulé : *Recueil de décrets, ordonnances, instructions, décisions réglementaires sur les machines à feu et les bateaux à vapeur*, par C.-A. Tremtsuk, ingénieur-mécanicien, Bordeaux, 1842. Cet ouvrage se termine par une statistique des bateaux à vapeur existant à cette époque sur la Gironde et la Garonne.

On trouve dans ce document que le bateau *Union*, mis en service en juin 1829, avait une machine construite par Hallette, à Arras, composée de deux cylindres oscillants inclinés l'un vers l'autre et actionnant la même manivelle (type bien connu de Cavé); l'un des cylindres recevait la vapeur de la chaudière et la transmettait par expansion au second, qui la renvoyait au condenseur.

Il est bien évident, d'après la disposition de la machine, que les pistons devaient avoir leurs mouvements croisés à 90° ou à peu près. Les cylindres avaient $0^m,38$ et $0^m,40$ de diamètre et 0,660 de course. L'arbre faisait 30 tours à la minute; la pression était de 4 1/2 atmosphères. S'il n'y a pas erreur sur le diamètre des cylindres, le rapport des volumes ne serait que de 1.11.

La chaudière cylindrique à foyer intérieur fit explosion trois mois après la mise en service, et il n'est pas question que la machine ait été employée ultérieurement ou reproduite [1].

En 1837, on construisit à Bordeaux un bateau en bois à fuseaux (système dit des conoïdes dont un spécimen est encore en service actuellement à Rouen), muni d'une machine de Fol aîné, de Bordeaux. Cette machine avait trois cylindres oscillants horizontaux agissant sur trois coudes différents. Deux de ces cylindres recevaient la vapeur à 5 atmosphères de la chaudière, la rejetaient à 1 1/2 dans un réservoir intermédiaire, d'où elle passait au troisième cylindre et de là au condenseur.

Les cylindres à haute pression avaient 0,274 de diamètre et 1 mètre de course; le cylindre à basse pression, $0^m,540$ de diamètre et 0,814 de course. Le bateau à fuseaux n'ayant pas donné de bons résultats, la machine fut mise avec une chaudière tubulaire neuve sur un autre bateau appelé *le Cor-*

1. Ce fait n'est pas unique; dans plusieurs autres cas, entre autre celui du *Cricket*, vers 1840, l'explosion de la chaudière a mis fin aux essais d'une machine Woolf; on comprend que les constructeurs en employant ce système pour faire de la détente, étaient par cela même conduits à augmenter la pression et à faire dans ce but des chaudières spéciales, qui à cette époque, étaient trop souvent mal combinées ou mal construites. Si les machines étaient à basse pression, l'avantage était insignifiant, si elles étaient à haute pression, les chaudières faisaient explosion; c'est ce qui explique le peu de succès des tentatives nombreuses faites à des époques déjà anciennes pour introduire le fonctionnement Compound dans la navigation.

saire noir, qui naviguait en 1812, à l'époque de la publication de l'ouvrage d'où sont tirés ces renseignements.

On peut rappeler, à propos de l'historique de cette question, que Mellet et Tourasse, dans leur ouvrage sur les bateaux à vapeur, publié en 1828-29, indiquent les bateaux hollandais du Rhin *Guillaume Ier*, *Louis* et *Concorde* comme portant des machines Woolf construites à Jemeppe, près Liége.

Emploi de l'injecteur pour les presses hydrauliques. — Les presses hydrauliques, ou plus généralement les machines à pression d'eau, seraient plus employées si elles n'exigeaient pas tout un attirail de pompes, d'accumulateur de machines, de tuyautage, coûteux et encombrant. On peut remplacer tout cela par un simple injecteur. Un injecteur peut forcer l'eau sous une pression de 1 1/2 fois la pression de la vapeur qui le fait agir.

Dans les ateliers et dépôts de chemins de fer, on peut employer les injecteurs des locomotives, mais il est préférable d'avoir un petit injecteur spécial auquel on fournit la vapeur de la locomotive en le mettant en communication par un tube flexible avec le trop-plein de l'injecteur de la machine. Avec une pression d'eau de 12 atmosphères et un cylindre de 0m70 de diamètre, un seul homme tourne avec la plus grande facilité, sur une plaque, une machine pesant 35 tonnes, en employant la vapeur de la machine même. Le même système est appliqué à des basculeurs pour wagons à houille, à des crics hydrauliques pour relever les machines déraillées, etc.

(*Organ.*)

Locomotive américaine à grande vitesse. — M. Barnet Le Van a lu à l'Institut de Franklin une note sur les essais d'une machine à grande vitesse, construite aux ateliers de Baldwin pour le Reading Railroad. Cette machine est destinée à faire le trajet de Philadelphie à New-York en une heure et demie, c'est-à-dire à raison d'un mille par minute, ce qui donne une vitesse de 97 kilomètres à l'heure. La vitesse maxima atteinte doit donc être supérieure pour compenser le ralentissement au passage des ponts et des stations.

Cette machine n'a qu'un essieu moteur à roues de 1,980, tandis que les machines du type généralement adopté ont quatre roues accouplées de 1,680; on a, en vue de la vitesse projetée, cru convenable de renoncer à l'emploi des bielles d'accouplement. Il y a, à l'arrière, un essieu placé sous le foyer, et, à l'avant, un bogie à quatre roues.

Le foyer est du système employé sur le Reading Railroad, très large et débordant au-dessus des roues d'arrière, avec deux portes de chargement. La grille est à tubes contenant de l'eau. Le mécanisme a la disposition ordinaire des locomotives américaines. Une particularité intéressante est que la charge peut être reportée partiellement de l'essieu d'arrière sur l'essieu moteur, pour faciliter le démarrage. Cet effet s'obtient par la variation de

la position des points de suspension effectuée au moyen de leviers commandés par un cylindre à vapeur.

La surface de grille est de 5,20 mètres carrés; la surface de chauffe de 130 mètres. Il y a 198 tubes de 51 millimètres de diamètre et 3m,720 de longueur entre plaques.

Le corps cylindrique, de 1,326 de diamètre moyen, est en tôle d'acier de 11,1 millimètres d'épaisseur pour une pression de 10 atmosphères. Les cylindres ont 0m,460 de diamètre et 0m,610 de course. L'écartement des essieux extrêmes est de 6m,43.

La machine pleine pèse 38 tonnes, dont 11 sur le bogie, 16 à 20 sur l'essieu moteur et 11 à 7 sur l'essieu d'arrière.

Le tender contient 15 mètres cubes d'eau; il pèse chargé 32 tonnes.

Dans un essai fait le 14 mai dernier, avec quatre voitures pesant chacune 19 tonnes, le train représentant par suite un poids total de 146 tonnes, le trajet entre Philadelphie et New-York a été effectué en 98 minutes à l'aller et 100 minutes au retour, la vitesse maxima ayant atteint 101,4 kilomètres à l'heure; mais dans un autre essai on a réalisé une vitesse de 79 milles, 127 kilomètres. Cette vitesse correspond à 340 tours des roues motrices par minute et à une vitesse de piston de 6m,90 par seconde.

La production de vapeur, ou mieux la dépense d'eau, s'est élevée à 8,000 litres à l'heure, ce qui correspond à 61 litres par mètre carré de surface de chauffe et par heure. M. Barnet Le Van ne doute pas que dans quatre ou cinq ans on ne puisse faire le trajet de Philadelphie à New-York en une heure, ce qui suppose une vitesse de 145 kilomètres.

Dans la discussion qui a suivi cette communication, on paraît avoir émis quelques doutes sur la stabilité de la machine à ces grandes vitesses. On a parlé également de la nécessité de consolider les ponts avant l'établissement de ces trains rapides. (*Journal of the Franklin Institute.*)

Locomotives Compound en Allemagne. — Il résulte d'une communication faite à la *Gazette de l'industrie allemande* qu'à la suite des résultats obtenus en France de l'emploi des locomotives Compound, notamment au chemin de fer de Bayonne à Biarritz, la direction royale des chemins de fer de Hanovre, désirant prendre l'initiative de l'application de ce système en Allemagne, a fait construire, d'après une étude faite par son bureau technique, deux locomotives Compound dans l'usine de Schichau, à Elbing. Ces machines, destinées spécialement au service local, ont quatre roues accouplées de 1,130 de diamètre; les cylindres sont extérieurs et horizontaux; le petit a 200 millimètres et le grand 300 de diamètre. Le rapport des volumes est ainsi de 2,25, la course est de 400. La surface de grille est de 0m,54 et la surface de chauffe de 21 mètres carrés: la pression atteint 12 atmosphères; ces machines pèsent 15 tonnes en service.

(*Eisenbahn.*)

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 14 juin 1880.

Note de M. Périssé sur les causes qui tendent à faire gauchir les poutres des ponts en fer et sur les moyens de calculer ces poutres pour résister aux efforts gauchissants.

Les poutres des ponts en fer, calculées pour la flexion plane, ne se trouvent pas toujours dans les conditions supposées à cause du mode d'attache des poutrelles ou pièces de pont et à cause des compressions longitudinales exercées sur la plate-bande supérieure des poutres, d'où provient la tendance au flambage ou gauchissement. L'auteur indique les conditions auxquelles doivent satisfaire les montants verticaux qu'on emploie pour parer à la première cause et la longueur que ne doit pas dépasser la poutre pour que l'effort de compression qui tend à faire fléchir la plate-bande supérieure comme une pièce chargée debout n'ait pas d'effet dangereux.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1880.

Rapport de M. de Laboulaye sur la machine à encoller les fils de MM. Tulpin, de Rouen.

Rapport de M. Dufresne sur les produits de la manufacture de Gien.

La fabrication de l'usine de Gien, fondée en 1820 pour la production des porcelaines opaques, comprend aujourd'hui deux branches de produits, la plus ancienne est la fabrication des articles domestiques, blancs imprimés à filets ou décorés de grosses fleurs faites au pinceau; l'autre créée en 1856, comprend les produits artistiques, imitation de vieux Rouen, de faïences de Delft, de Moustiers, d'Italie, etc., à laquelle est venue se joindre récemment l'imitation de toutes les faïences anciennes et modernes.

La production de l'usine dépasse 25,000 kilogrammes par jour, celle des assiettes atteint 50,000 pièces par jour. La force motrice est de 220 chevaux, le nombre d'ouvriers 1,000 dont 200 peintres. Les argiles plastiques viennent de la Nièvre et de la Champagne, les kaolins de l'Allier, les feldspath de l'Auvergne et les terres à gazettes de Montereau.

Sur la situation actuelle des tramways dans le département de la Seine et sur les résultats de l'exploitation des différentes lignes par M. Rousselle.

A la fin de 1878 le revenu des tramways du département de la Seine comprenait 182 kilomètres en 37 lignes différentes. Dans cette même année 1878, le nombre des voyageurs transportés a été de 125,660,000; certains jours de fête on a transporté 500,000 personnes.

La Compagnie des omnibus a fait des expériences dynamométriques comparatives entre ses omnibus ordinaires et ses voitures de tramways. Sur la même ligne de Montrouge au chemin de fer de l'Est, un omnibus pesant 3,600 kilogrammes avec une charge de 28 voyageurs nécessite pour chaque cheval, moyenne de l'aller et du retour, un travail de 82,76, le maximum étant de 138,48. Une voiture de tramways pesant chargée 6,000 kilogrammes n'exige qu'un travail de 64,73, le maximum étant de 121,66.

Il y a donc avantage en faveur du tramway, toutefois l'effort au démarrage est plus grand pour celui-ci, il varie de 280 à 500 kilogrammes, tandis qu'il n'est que de 200 à 350 pour l'omnibus.

Rapporté à l'unité de poids, l'effort de traction en palier est de 19,06 kilogrammes pour l'omnibus et de 9,10 pour le tramway, la vitesse étant sensiblement la même dans les deux cas.

La métallurgie à l'Exposition universelle de 1878, par M. Lan, ingénieur en chef des mines (*suite*).

Notice nécrologique sur P. A. Favre, par M. Félix Leblanc.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MAI 1880.

ÉTUDE sur les courants de circulation et sur les principes à suivre dans le tracé des voies nouvelles de transport destinées à les desservir, par M. PARANDIER, inspecteur général des ponts et chaussées.

L'auteur expose les vues que sa longue expérience lui a suggérées sur la question du choix des tracés des voies de fer hors routes et sur celle des motifs déterminant leur exécution.

L'origine et la direction des courants de circulation sont déterminées par des obstacles naturels ou artificiels et ces obstacles constituent le *protectionnisme naturel* qui force l'homme à tirer parti de tous les éléments sous sa main pour produire le plus possible sur place ce dont il a besoin. La prééminence du parcours partiel sur le transit est un élément décisif du tracé des chemins de fer; l'auteur cite comme exemple cinq lignes ayant une longueur de 85 à 100 kilomètres où le parcours partiel atteint 85 à 99 p. 0/0 du trafic pour les voyageurs et 80 à 90 p. 0/0 pour les marchandises.

Les relations locales doivent être considérées comme inaliénables et par

conséquent comme un élément décisif pour lier le plus intimement possible la voie perfectionnée à l'ancienne route qu'elle doit suppléer.

Les vrais courants de circulation naissent de circonstances de climat, de nature, de relief du sol ainsi que de conditions hydrographiques et géologiques qui ont déterminé l'emplacement des centres de population et leur développement.

Si le trafic local ne peut se déplacer, il n'en est pas de même du transit, pour celui-ci, le plus ou moins long parcours, les courbes, les déclivités jouent un rôle. L'annexion du transit à un courant de circulation amène des améliorations dans le service de la voie de transport, service qui devient plus parfait par cela même.

L'auteur examine la question de la contiguïté ou de l'indépendance des voies de fer et de navigation.

Il pense que les canaux et les chemins de fer reliés par des moyens de transbordement constituent par leur union une voie double et mixte de circulation plus complète que chacune d'elles considérée isolément.

Il examine enfin la question des courants de circulation internationale, celles des frontières, frontières maritimes, frontières continentales, limitées par les fleuves, par des massifs montagneux, etc.

Les conclusions de ce travail sont que les vrais courants de circulation sont le résultat de relations provoquées par le contraste des produits territoriaux et industriels des régions. Leur direction subit des points obligés ; on ne peut tracer les voies de fer au sentiment dans des directions où on prétend que la voie amènera une circulation qui n'existe pas encore et que rien de décisif ne détermine a venir. Il faut admettre comme prééminente l'importance du trafic local dont l'accroissement constitue l'aliment principal et inaltérable de la voie ferrée, à moins que celle-ci ne soit destinée à devenir le déversoir prévu d'un transit parfaitement apprécié et calculé d'avance.

Il y a, en tout cas, pour toute voie nouvelle à construire, nécessité d'une étude approfondie au point de vue des distances, du tracé, des pentes, courbes, circulation actuelle, accroissement probable, etc. Enfin il faut reconnaître qu'il est équitable et opportun en mettant la main à l'œuvre d'écarter ou d'ajourner les lignes dont les projets ne répondraient pas par de suffisants résultats économiques et financiers aux principes formulés.

L'auteur a pensé qu'il était utile, pour éviter autant que possible le retour des erreurs antérieurement commises, de remettre en lumière la vérité de ces principes et la nécessité de leur application, et cela d'autant plus que beaucoup de lignes nouvelles n'ont pu être rapidement inscrites dans le tableau de classement qu'avec la perspective d'un trafic *intuitif* très aléatoire.

Vérification de la stabilité des voûtes et arcs et application aux voûtes sphériques, par M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE MONTCHANIN, 10 AVRIL 1880.

Communication de M. FRANÇOIS, sur le **Cuvelage du puits Saint-Joseph, à Ronchamp.** — Le puits a 442 mètres de profondeur, la section est de $2^m,55$ sur $3^m,60$. On était obligé d'épuiser 16,000 hectolitres d'eau par jour.

Le cuvelage a été établi avec une base à 150 mètres de profondeur, sur une hauteur de 89 mètres; il est en fonte et composé de 60 anneaux cylindriques, plus 3 trousses et 3 petites trousses intermédiaires. Les anneaux sont en plusieurs segments, les joints horizontaux et verticaux sont faits au plomb et on a, au fur et à mesure de la pose des anneaux, coulé du béton de ciment entre le cuvelage et le terrain. Le travail commencé le 8 septembre 1879, a été terminé le 7 mars 1880.

Questions relatives aux chaudières à vapeur. — M. Graillot constatant que la nouvelle loi ne fixe pas d'épaisseur pour les chaudières, demande si l'épreuve met à couvert la responsabilité de l'industriel et du constructeur, et si l'administration peut s'appuyer sur l'ancienne formule de l'épaisseur, qui comprenait une constante de 3 millimètres pour parer à l'usure, pour dire en cas d'accident, que l'épaisseur des tôles était insuffisante.

Comparaison de la dynamite gomme et de la dynamite ordinaire, par M. Leclaire.— Une expérience faite à Blanzy, en fonçage sur un banc de grès massif, à fait voir que la charge en gomme n'est que les deux tiers de la charge en dynamite ordinaire.

La première de ces matières coûte 8 fr. 50 et la seconde 7 fr. le kilogramme.

Les dépenses à effet égal varient comme 17 et 21.

Méthode de percement des galeries du capitaine Peurice. Note de M. Martin.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 1er MAI 1880.

Roulage par chaîne flottante des mines de Sain-Bel. Note de M. Chanselle. — La distance horizontale du puits Saint-Gobain, d'où on extrait les pyrites de fer, à la gare de Sain-Bel (Rhône), est de 1,750 mètres, la différence du niveau est de 112 mètres.

Le tracé se compose d'un alignement droit de 1,640 mètres, avec pente

moyenne de 63 millièmes en faveur de la charge, les pentes variant d'ailleurs de 2 à 200 millièmes.

Les bennes en bois pèsent vides 160 kilogrammes, elles contiennent trois hectolitres de minerai.

La voie est à l'écartement de 0m,55 et composée de rails Vignoles pesant 10 kilogrammes le mètre.

La chaîne calibrée en fer de 26 millimètres pèse 13,5 kilogrammes le mètre, elle coûte 520 francs la tonne.

La vitesse de marche est de 0m,40 par seconde, on peut transporter 720 tonnes en 10 heures. Le prix de revient du transport est de 0f.20 par tonne, tandis qu'avec les tombereaux il était de 0f.75.

Note sur l'emploi des Calorifuges, par M. Radisson.

DISTRICT DU SUD-EST, 4 AVRIL 1880.

Organisation d'une association de propriétaires d'appareils à vapeur dans le Sud-Est de la France. Note de M. Villot.

Aérage des Mines. Note de M. Murgue.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE.

N° 3. — 1880.

Sur l'avancement des travaux de la régularisation du Danube, près de Vienne, et sur des expériences faites à cette occasion, par M. Gustave von Wex.

Sur la dilatation, par M. E. Gamber.

Sur une nouvelle loi du changement de forme imprimé à des corps géométriquement définis, par M. le professeur Kick.

Les chemins de fer en Amérique, par MM. Lavoine et Pontyen. — Analyse par M. Bomches.

N° 4.

La régularisation du Danube aux portes de fer, par M. J. Deutsch.

Sur l'influence des oscillations de la mire, dans la mesure au tachymètre des distances horizontales et des hauteurs, par M. le professeur Schell.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

MAI 1880.

Modification de la limite d'élasticité des métaux sous l'influence d'efforts exercés dans tous les sens, par M. Thurston. — L'auteur rappelle qu'il est actuellement bien connu que l'application à une pièce d'un effort supérieur à la limite d'élasticité, accroit d'une manière permanente cette limite d'élasticité, de sorte que la valeur actuelle de cette limite peut servir de moyen d'apprécier l'effort exercé.

Il a, après de nombreuses recherches, constaté l'influence de la durée de l'application de l'effort, et a trouvé pour l'exprimer la relation :

$$E\,l = A \log. T + C.$$

E *l* étant l'accroissement de la limite d'élasticité en centièmes, T le temps en heures, A et C des constantes, qui pour le fer de bonne qualité ont les valeurs respectives de 5 et 1,5.

M. Thurston, à la suite des recherches qu'il a faites dans le laboratoire de mécanique de l'Institut Technologique de Stevens, a été conduit à établir entre les métaux deux classes bien tranchées, la série du fer, *iron class* (fer et acier), dans laquelle la limite d'élasticité croît avec les efforts appliqués et la série de l'étain, *tin class* (cuivre, bronze) et dans laquelle, au contraire, la limite d'élasticité diminue.

Il a constaté que les limites d'élasticité dans un sens quelconque sont modifiées par l'application d'efforts dans un sens également quelconque.

Ainsi, M. Thurston a pris une barre de fer, il l'a coupée en deux, une des parties a été pliée à un angle de 120 degrés, puis coupée en divers morceaux; l'autre partie a été également coupée et tous les morceaux ont été essayés à la traction. On a trouvé que la limite d'élasticité moyenne correspondait pour la barre pliée à $20^k,9$, tandis qu'elle n'était que de $16^k,1$ pour la barre non pliée.

La résistance à la rupture n'est pas modifiée, elle a été trouvée de $35^k,6$ pour la barre non pliée et de $35^k,3$ pour l'autre.

Une barre de fer a été fortement comprimée dans le sens latéral de manière à l'allonger et à diminuer sa section. On l'a ensuite essayée à la traction, c'est-à-dire dans un sens perpendiculaire à l'effort primitif.

Voici les résultats.

	Barre primitive	Barre comprimée.
Limite d'élasticité.	21 kilog.	42
Charg. de rupt. rapportée à la sect. initiale.	36,5	49
— — section de rupture.	64	75
Allongement pour 100.	24,6	10,4

Les résultats ont été analogues dans l'essai à la flexion.

On doit donc admettre que pour accroître la limite d'élasticité dans tous les sens, il suffit d'exercer un effort dans un sens.

Le laminage à froid est donc un moyen général d'améliorer la qualité du métal.

L'accroissement de la limite d'élasticité par un effort supérieur à la limite primitive est un témoin permanent, qui permet de constater que cette limite a été dépassée, c'est peut être le plus grand intérêt de la question au point de vue de l'Ingénieur; il y a là un vaste champ d'investigations.

Essai des ciments, par M. A. Noble. — Dans le but de rendre comparable les essais des ciments, l'auteur propose des types de briquettes, de préparation et de mode d'expérimentation. Cette communication est suivie d'observations présentées par M. Whittemore.

Règles et tables pour la construction des égouts à section en œuf, par M. C. J. Force.

Préservation des bois, par M. Putnam. — Au chemin de fer de la Nouvelle-Orléans à Mobile, des pieux en bois ont été détruits en quelques semaines par le *teredo novalis*. Ce ver peut atteindre des dimensions énormes, on en trouve d'un pouce de diamètre et quatre pieds de long, il croît de deux pouces par mois, et chaque individu (hermaphrodite) peut produire trois millions d'œufs.

Le teredo navalis peut vivre dans l'eau douce, car on en a trouvé de parfaitement vivants dans les bois de navires remontés à la Nouvelle-Orléans, 100 milles de la mer, depuis plusieurs mois. Toutefois les eaux limoneuses paraissent le détruire. Le remède contre l'attaque de ce ver est le créosotage des bois.

La Compagnie du chemin de fer de la Nouvelle-Orléans à Mobile décida dans l'hiver de 1874-75 de recourir à ce procédé pour les bois des ponts. On dû établir des ateliers spéciaux de créosotage, qui ont coûté 250,000 fr. Les appareils peuvent recevoir des pièces de 30 mètres de longueur, On opère par la vapeur, le vide et la pression allant à 14 atmosphères.

Depuis quatre ans que les bois des ponts ont été créosotés, il n'y a eu aucune attaque des vers et chosé inattendue il n'y a jamais eu d'incendie allumé par le passage des trains, ce qui était fréquent avec les bois non préparés. On est tellement convaincu de la durée pour ainsi dire illimitée des bois créosotés qu'on fait avec ces bois des supports pour les ponts en fer.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LE PREMIER VOLUME 1880

PAGES.

Accidents de Fabriques (Association organisée à Rouen par M. de Coëne pour prévenir les) (séance du 9 janvier). 101
Accident arrivé au Marché du Château-d'Eau, par M. Cassalonga (séance du 23 janvier). 119
Appareils solaires et les services qu'ils peuvent rendre (Note sur les), par M. Piffre (séance du 20 février). . . . . 271 et 296
Bielles et paliers des machines à vapeur (Emploi de fourmes élastiques dans les), par M. Normand (séance du 19 mars). 391
Bulletin mensuel de la Société (séance du 6 janvier). 283
Bulletin météorologique, par M. Arson (séance du 20 février). 296
Chauffage et ventilation de l'École Monge (Mémoire sur le), par M. Périssé (séances des 4-18 juin). . . . . 661, 720 et 751
Chemin de fer de Théhuantépec, par M. Gotard (séance du 5 mars). . 365
Chemin de fer de l'Alberg, par M. Pontzen (séances des 21 mai et 4 juin). . . . . 547, 593 et 714
Chemins de fer d'intérêt général (Classement du réseau complémentaire des), par M. Level (séance du 23 janvier). 120
Chemins de fer (la question des), (séances des 5 mars, 16 avril, 7 et 21 mai). . . . . 370, 472, 486, 566, 597 et 716
Chemin de fer sur la glace *du fleuve Saint-Laurent*, par M. Deniel. . . 459
Chronique des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin, par M. Mallet. . . . . 149, 309, 402, 501, 638 et 764
Comptes rendus des Sociétés, mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin, par M. Mallet. . . . . 157, 314, 409, 509, 644 et 772
Congrès de Reims (séance du 4 juin). 744
Congrès international du Génie civil à l'Exposition universelle de 1878 (séance du 19 mars). 389
Débacle sur la Loire (séance du 23 janvier). 119
Décès : MM. Clément, Désormes, le général Morin, Gardeur le Brun, Monbro, Elwel père, Bellier, Xavier, Gandillot, Tessier du Motay (séances des 23 janvier, 20 février, 19 mars, 16 avril, 7 mai, 18 juin). 119, 293, 294, 389, 472, 563, 593 et. 746
Décorations : Légion d'honneur, OFFICIER : M. E. Mayer.
Décorations étrangères :
Ordre de Nichan, M. Desgrange, commandeur.
Isabelle la Catholique, Grand Officier, M. Ch. Guillaume; M. Marché, Commandeur; M. Carimautraud, Chevalier.
Ordre de la Couronne d'Italie, Chevalier, M. A. Violet.
Ordre de François Joseph, Grand Officier, M. Charles Guillaume.
Ordre de Léopold, M. Bernard, Chevalier.
Officiers d'académie, MM. Cacheux et Breguet (Antoine).
(Séances du 9 janvier, 6 février, 19 mars, 16 avril, 4 juin). 101, 283, 389, 472 et. 720
Déphosphoration de la fonte, du fer et de l'acier (Note sur la), par MM. Lencauchez et Gautier (Ferdinand), (séances des 9 janvier et 4 juin). . . . . 68, 102 et 732

PAGES.

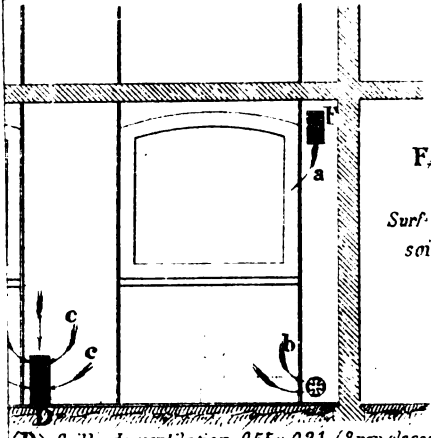
Discours de MM. Farcot et Gottschalk (séance du 9 janvier 1880).. 82
Essais de Mécanique chimique (Analyse de l'ouvrage de M. Berthelot sur les), par M. Antoine Breguet. 134
Expositions de Sydney et de Melbourne, par M. Bourdil (séance du 7 mai). 564
Fondations d'ouvrages d'art à l'Exposition universelle de 1878 (Notice sur les principaux travaux de), par M. Hersent. 248
Générateurs à vapeur à l'Exposition universelle de 1878 (Note sur les), par M. Allard. 520
Habitations ouvrières *exposées en* 1878 (Rapport sur les), par M. Cacheux. 421
Isthme de Panama (Communication interocéanique à créer à travers l'), par M. Courtines (séance du 23 janvier). 119
Liste générale des Sociétaires. 5
Locomotives à l'Exposition universelle de 1878 (Rapport sur les), par M. Douau. 164
Médaille d'or décernée à M. Huet Alfred (séance du 18 juin).. 749
Organe des progrès des chemins de fer, année 1878, traduit de l'allemand par M. Sergueeff. 143
Pont sur le Missourri, par M. Krémer (séance du 5 mars). 364
Pont de Dundee sur la Tay (accident arrivé au), par M. Seyrig, (séances des 9 janvier, 6 et 20 février).. . . . . 101, 284 et 295
Publications périodiques reçues par la Société. 63
Question préjudicielle relative à l'ensemble du *programme général des chemins de fer*, par M. Cotard (séance du 20 février). 299
Régularisation du Danube, par M. le Baron Engerth (séance du 2 avril). 465
Résumés des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin. 62, 161, 325, 417, 517 et 657
Résistance des matériaux. Épreuves de résistance à la traction. Allongements des métaux après rupture (Étude sur les), par M. J. Barba (séance du 18 juin). . . . . 682 et 749
Saint-Gothard (Tunnel du). (Mémoire sur les travaux d'avancement du), par M. Colladon. . . . . 329, 365 et 390
Sève du Fernan, par M. Soleillet (séance du 18 juin). 751
Société des Architectes et Ingénieurs de Berlin (Compte rendu des travaux de l'année 1878), par M. Sergueeff. 138
Soupapes de sûreté aux chaudières (Calcul des), par M. le Baron de Burg (séance du 20 février).. 295
Sondages, ouvrage de M. Lippmann (séance du 19 mars). 390
Sinus des ordres supérieurs à l'intégration des équations linéaires (Théorie des), par M. Yvon-Villarceau (séance du 4 juin). 720
Situation financière de la Société (Exposé de la), (séance du 18 juin). . 746
Tarifs et prix de revient des transports (Mémoire sur les) par M. Lejeune (séance du 19 mars). . . . . 346 et 399
Transport par chemins de fer (Prix de revient des), par M. Marché (séances des 23 janvier et 19 mars). . . . . 125 et 393
Tirage d'obligations (séance du 18 juin). 748
Travaux publics *projetés aux anciens, et sur les conditions, les circonstances et l'ordre dans lesquels ils doivent être exécutés* (Étude sur les moyens à adopter au mieux des intérêts généraux, les nouveaux), par M. Love (séances des 5 mars et 21 mai). . . . . 370, 566 et 597
Voies navigables (Étude sur la question des), par M. Cotard (séance du 16 avril). . . . . 431 et 480

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

'fage et de la ventilation
ne classe.

de $0^{m}01$ $p^{r}m^{tre}$

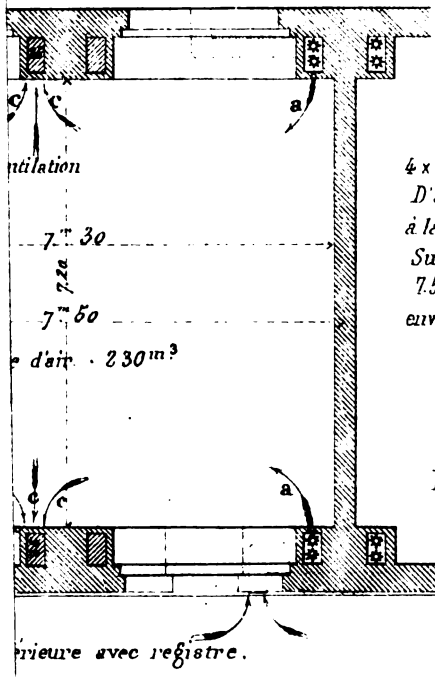
pe verticale.



F. Grille d'air chaud $\cdot 037 \times 0.185$
(4 par classe)
Surf. $4 \times 0.37 \times 0.185 = 0^{m}2\,74$
soit $1^{m}2\,20$ pour 1000^{m} à chauffer

(D.) Grille de ventilation. 055×0.21 (2 par classe.)
urf $2 \times 0.55 \times 0.21 \cdot 0.23$ (1^{m} pour 1000^{m} à ventiler.)

horizontale.

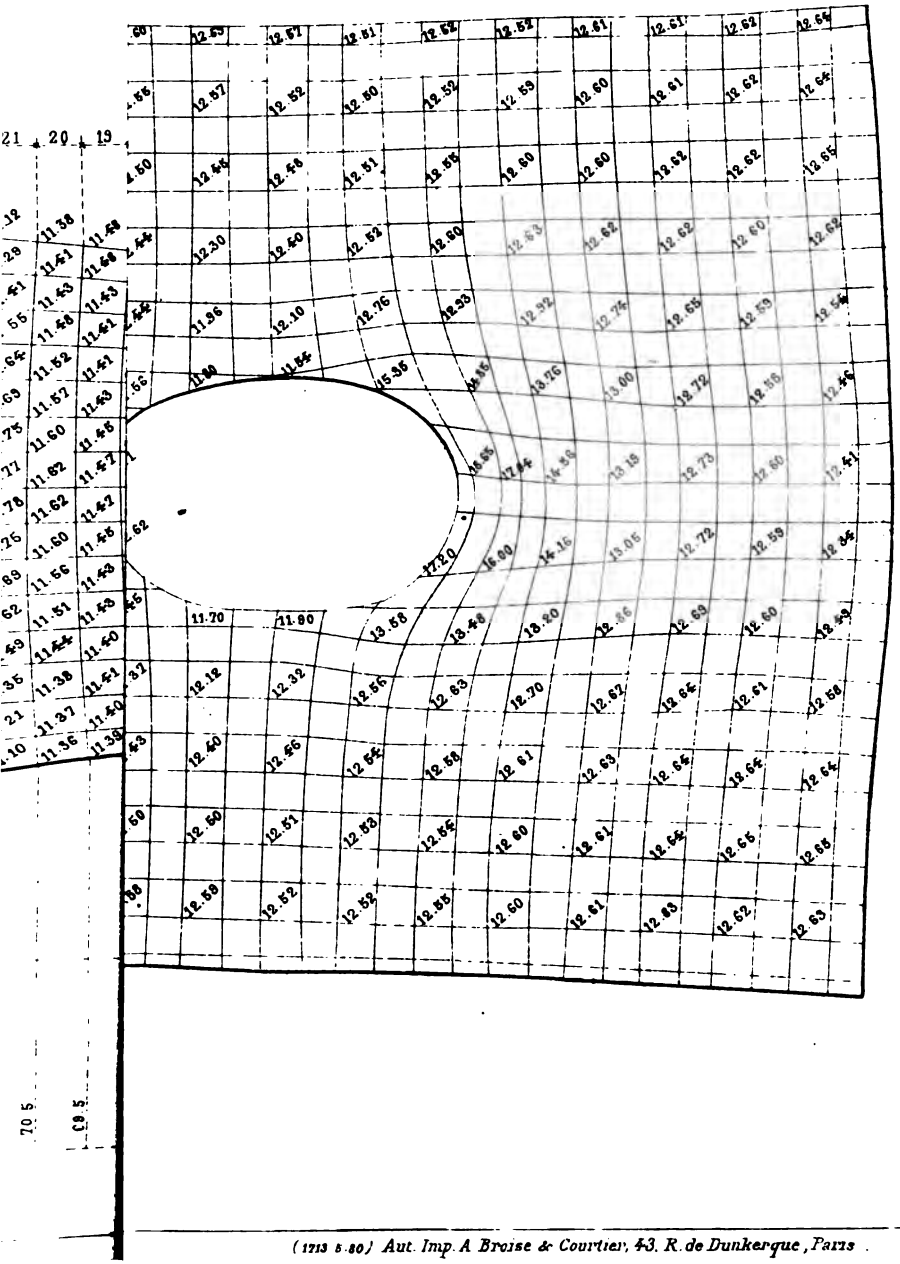


Surface vitrée d'une classe
$4 \times 2.25 \times 2.15 = 19^{m}2$ 35.
D'axe en axe de l'introduction d'air
à la bouche d'air chaud 3m50.
Surface des murs extérieurs :
$7.50 \times 2 \times 3.95 \cdot 59^{m}2$ sur lesquels 1/3
environ en surface vitrée.

Echelle de 0.01 $p^{r}m^{tre}$

rieure avec registre.

extérieure .



(1213 8-80) Aut. Imp. A Broise & Courtier, 43. R. de Dunkerque, Paris.